

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA SILO BAJO
DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA**

BELKIS YORQUELIS QUINTERO DOMÍNGUEZ

**LAS TABLAS, LOS SANTOS
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA SILO BAJO
DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBER SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO

PROF. MSc. FRANKLIN WILCOX

PROF. MSc. JANETH URRIOLA

PROF. MSc. JOSÉ RIVERA

LAS TABLAS, LOS SANTOS, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de luz y fortaleza, que ha guiado cada uno de mis pasos y me ha sostenido en los momentos de desafío.

A mis padres, Alcibiades Quintero y Damaris Domínguez, cuyo amor incondicional, ejemplo de vida y sacrificio han sido el motor que me impulsó a perseverar y alcanzar esta meta.

Y a todos los que formaron parte de esta etapa, por su apoyo constante, sus palabras de aliento, que han convertido este camino en una experiencia de amor y crecimiento.

Belkis Quintero

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminar mi camino con su sabiduría, por darme fortaleza en los momentos de adversidad y por permitirme alcanzar cada etapa de este proceso con fe y determinación.

A mis padres, Alcibiades Quintero y Damaris Domínguez, por ser el pilar fundamental en cada paso de este camino, por su apoyo inagotable y su comprensión en los momentos más exigentes. Gracias por ser el sostén que me alentó a seguir adelante, por celebrar mis avances y por brindarme palabras de ánimo cuando más lo necesité. Este logro es también el fruto de su sacrificio, dedicación y fe en mi capacidad de alcanzar mis sueños.

A mi director de tesis, Profesor Franklin Wilcox, por su compromiso, paciencia y su orientación constante. Sus enseñanzas, observaciones y valiosas sugerencias no solo enriquecieron el presente trabajo, sino que también contribuyeron en mi crecimiento personal y profesional.

Belkis Quintero

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA SILO BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS LAS TABLAS PROVINCIA DE LOS SANTOS.

Quintero D. Belkis Y. 2025. Efecto de la fertilización y bioestimulación en el rendimiento y calidad del maíz (*Zea mays* L.) para silo bajo diferentes densidades de siembra. Tesis Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales, Los Santos, Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Páginas 158

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la fertilización y la bioestimulación en el rendimiento y la calidad del maíz (*Zea mays* L.) para silo bajo diferentes densidades de siembra. Para ello, se desarrolló un ensayo con un arreglo factorial 5x4, implementando un diseño alfa látice con tres repeticiones sobre una superficie total de 1,152 m². Cada repetición incluyó 20 tratamientos, organizados en cuatro hileras de cinco metros de largo, separadas a 0,80 metros entre hileras, conformando una unidad experimental de 16 m². La toma de datos se realizó considerando como unidad de muestreo las dos hileras centrales de cada tratamiento, con una superficie total de 8 m². Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas en variables morfológicas como diámetro del tallo, largo y ancho de hoja, superficie foliar y altura de planta, especialmente a los 40 y 60 días después de germinación. Los tratamientos T4, T8, T12 y T16 destacaron por promover mayor desarrollo vegetativo, alcanzando alturas promedio superiores a 148 cm y mayor acumulación de biomasa. En términos productivos, los tratamientos más eficientes superaron hasta en tres y cuatro veces la biomasa fresca y seca respecto a los menos efectivos. En el análisis bromatológico no se observaron efectos negativos sobre la calidad nutricional, manteniéndose adecuados niveles de proteína, carbohidratos y almidón. Se concluye que la combinación adecuada de fertilización y bioestimulación favorece significativamente el crecimiento y la producción de biomasa sin comprometer la calidad del forraje. Se recomienda ampliar futuras investigaciones considerando mayores repeticiones, evaluación en diferentes condiciones agroclimáticas y análisis más detallados de calidad del ensilaje.

Palabras claves: Biomasa, bromatología, medición, productividad forrajera, rendimiento.

Effect of Fertilization and Biostimulation on the Yield and Quality of Corn (*Zea mays* L.) for Silage Under Different Planting Densities. Faculty of Agricultural Sciences, Las Tablas, Los Santos Province.

Quintero D., Belkis Y. 2025. Effect of fertilization and biostimulation on the yield and quality of corn (*Zea mays* L.) for silage under different planting densities. Thesis, Agronomic Engineering in Tropical Crops, Los Santos, Panama. Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect of fertilization and biostimulation on the yield and quality of silage maize (*Zea mays* L.) under different planting densities. A 5x4 factorial design was used, with three replications, on a total area of 1,152 m². Each replication included 20 treatments, arranged in four rows, each five meters long and spaced 0.80 meters apart, forming an experimental unit of 16 m². Data collection was carried out using the two central rows of each treatment as the sampling unit, with a total area of 8 m². The results showed statistically significant differences in morphological variables such as stem diameter, leaf length and width, leaf area, and plant height, especially at 40 and 60 days after germination. Treatments T4, T8, T12, and T16 stood out for promoting greater vegetative development, reaching average heights exceeding 148 cm and greater biomass accumulation. In terms of productivity, the most efficient treatments yielded up to three and four times the fresh and dry biomass of the least effective treatments. The bromatological analysis showed no negative effects on nutritional quality, with adequate levels of protein, carbohydrates, and starch. It is concluded that the appropriate combination of fertilization and biostimulation significantly promotes growth and biomass production without compromising forage quality. Further research is recommended, considering more replicates, evaluation under different agroclimatic conditions, and more detailed silage quality analyses.

Keywords: Biomass, food science, measurement, forage productivity, yield.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICES DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Antecedentes	5
1.3. Justificación.....	10
1.4. Objetivos	12
1.4.1. General.....	12
1.4.2. Específicos	13
1.5. Hipótesis	13
1.6. Alcances y limitaciones	13
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	15
2.1.1 Características botánicas.....	15
2.1.1.1. Raíces	15
2.1.1.2.Tallo.	16
2.1.1.3.Hoja.....	16

2.1.1.4. Inflorescencia.....	16
2.1.1.5. La cubierta de la semilla (fruto).....	17
2.2. Fertilización.....	18
2.3. Bioestimulación.....	21
2.4. Densidad de siembra.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Materiales.....	26
3.2. Métodos.....	26
3.2.1. Actividades realizadas antes de la siembra.....	29
3.2.2 Parámetros a evaluar.....	37
3.2.2.1 Diámetro del tallo.....	37
3.2.2.2 Ancho de la hoja.....	38
3.2.2.3 Altura de la planta.....	38
3.2.2.4 Promedio de hojas.....	38
3.2.2.5 Rendimiento t/ha.....	38
3.2.3 Análisis bromatológico.....	39
3.2.4 Análisis Económico.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Diámetro de tallo.....	40
4.1.1. 20 DDG diámetro del tallo.....	40
4.1.2. 40 DDG Diámetro del tallo.....	43
4.1.3. 60 DDG Diámetro del tallo.....	47
4.2. Largo de la hoja.....	52

4.2.1. 20 DDG Largo de la hoja.....	52
4.2.2. 40 DDG Largo de la hoja.....	56
4.2.3. 60 DDG Largo de la hoja.....	60
4.3. Ancho de la hoja.....	64
4.3.1. 20 DDG ancho de la hoja	64
4.3.2. 40 DDG ancho de la hoja	69
4.3.3. 60 DDG ancho de la hoja	73
4.4. Superficie foliar.....	77
4.4.1. 20 DDG superficie foliar.....	77
4.4.2. 40 DDG Superficie foliar	82
4.4.3. 60 DD Superficie foliar	86
4.5. Altura de la planta.....	90
4.5.1. 20 DDG Altura de la planta	90
4.5.2. 40 DDG Altura de la planta	95
4.5.3. 60 DDG Altura de la planta	98
4.6. Biomasa Total	103
4.7. Análisis de bromatología	106
4.8. Análisis Económico.....	110
5. CONCLUSIONES.....	113
6. RECOMENDACIONES	116
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	132

ÍNDICES DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Etapas fenológicas del maíz.....	17
Tabla 2	Plan de fertilización con respecto a requerimientos sin considerar análisis de suelo.....	20
Tabla 3	Cantidad de macroelementos por aplicar y fraccionamiento según fertilidad del suelo en el cultivo de maíz (Zea mays).....	21
Tabla 4	Factores y tratamientos del ensayo.....	27
Tabla 5	Tratamientos aplicados.....	27
Tabla 6	Resumen de los rangos promedio por repeticiones.....	40
Tabla 7	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (20 DDG) en las repeticiones.....	41
Tabla 8	Resumen de los rangos promedio por tratamientos.....	42
Tabla 9	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (20 DDG) por tratamientos.....	43
Tabla 10	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	44
Tabla 11	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (40 DDG) en las repeticiones.....	44
Tabla 12	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	45
Tabla 13	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (40 DDG) por tratamientos	46
Tabla 14	Resumen de los rangos promedio por repeticiones	48

Tabla 15	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (60 DDG) por repeticiones.....	48
Tabla 16	Resumen de los rangos promedio por tratamientos.....	49
Tabla 17	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (60 DDG) por tratamientos.....	51
Tabla 18	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones ..	52
Tabla 19	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (20 DDG) por repeticiones	53
Tabla 20	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	54
Tabla 21	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (20 DDG) por tratamiento	55
Tabla 22	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	57
Tabla 23	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (40 DDG) por repeticiones.....	58
Tabla 24	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	59
Tabla 25	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (40 DDG) por tratamiento.....	60
Tabla 26	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	61
Tabla 27	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (60 DDG) por repeticiones	61
Tabla 28	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	63
Tabla 29	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (60 DDG) por tratamiento	64

Tabla 30	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	65
Tabla 31	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (20 DDG) por repeticiones	65
Tabla 32	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	66
Tabla 33	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (20 DDG) por tratamiento.....	68
Tabla 34	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	69
Tabla 35	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (40 DDG) por repeticiones.....	70
Tabla 36	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	71
Tabla 37	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (40 DDG) por tratamiento.....	72
Tabla 38	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones.....	74
Tabla 39	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (60 DDG) por repeticiones.....	74
Tabla 40	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	76
Tabla 41	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para ancho de la hoja (60 DDG) por tratamiento.....	77
Tabla 42	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	78
Tabla 43	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para Superficie foliar (20 DDG) por repeticiones.....	79
Tabla 44	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	80

Tabla 45	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para superficie foliar (20 DDG) por tratamiento.....	81
Tabla 46	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	82
Tabla 47	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para superficie foliar (40 DDG) por repeticiones.....	83
Tabla 48	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	83
Tabla 49	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para superficie foliar (40 DDG) por tratamiento.....	85
Tabla 50	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	86
Tabla 51	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para superficie foliar (60 DDG) por repeticiones.....	87
Tabla 52	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	88
Tabla 53	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para superficie foliar (60 DDG) por tratamiento.....	90
Tabla 54	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	91
Tabla 55	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (20 DDG) por repeticiones.....	91
Tabla 56	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	92
Tabla 57	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (20 DDG) por tratamiento.....	94
Tabla 58	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	95

Tabla 59	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (40 DDG) por repeticiones.....	96
Tabla 60	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	97
Tabla 61	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (40 DDG) por tratamiento.....	98
Tabla 62	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	99
Tabla 63	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (60 DDG) por repeticiones.....	99
Tabla 64	Resumen de los rangos promedio por tratamiento.....	101
Tabla 65	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para altura de la planta (60 DDG) por tratamiento.....	102
Tabla 66	Resumen de los rangos promedio por las repeticiones...	103
Tabla 67	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la Biomasa total por repeticiones.....	104
Tabla 68	Resumen de los rangos promedio por tratamientos.....	104
Tabla 69	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la Biomasa total por tratamientos.....	106
Tabla 70	Análisis de bromatología.....	108
Tabla 71	Parámetros de calidad esperados en un buen ensilaje de maíz.....	110
Tabla 72	Análisis de producción.....	111
Tabla 73	Análisis económico	112

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Etapas fonológicas del maíz.....	18
Figura 2	Ubicación del ensayo.....	26
Figura 3	Arreglo en campo.....	28
Figura 4	Preparación de la semilla.....	29
Figura 5	Medición del terreno e instalación de las mangueras	30
Figura 6	Etapa de siembra.....	31
Figura 7	Etapa de germinación.....	31
Figura 8	Aplicación de abonos.....	32
Figura 9	Primera aplicación de insecticida para el gusano cogollero.....	33
Figura 10	Toma de datos.....	34
Figura 11	Segunda aplicación de insecticida.....	34
Figura 12	Aplicación de urea.....	35
Figura 13	Eliminación de malezas manual y química.....	36
Figura 14	Proceso de corte para ensilaje.....	36
Figura 15	Embolsado de forraje.....	37
Figura 16	Comparación del diámetro del tallo promedio entre los tratamientos 40 DDG.....	47
Figura 17	Comparación del diámetro del tallo promedio de las repeticiones 60 DDG.....	49

Figura 18	Comparación del diámetro del tallo promedio entre los tratamientos 60 DDG.....	51
Figura 19	Comparación del largo de la hoja entre las repeticiones 20 DDG.....	53
Figura 20	Comparación del largo de la hoja entre los tratamientos 20 DDG.....	56
Figura 21	Comparación del largo de la hoja promedio entre las repeticiones 60 DDG.....	62
Figura 22	Comparación del largo de la hoja promedio entre las repeticiones 60 DDG.....	66
Figura 23	Comparación del ancho de la hoja promedio entre las repeticiones 20 DDG.....	68
Figura 24	Comparación del ancho de la hoja promedio entre los tratamientos 20 DDG.....	70
Figura 25	Comparación del ancho de la hoja promedio entre los tratamientos 40 DDG.....	73
Figura 26	Comparación del ancho de la hoja promedio entre los tratamientos 40 DDG.....	75
Figura 27	Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 20 DDG.....	79
Figura 28	Comparación de la superficie foliar promedio de los tratamientos 40 DDG.....	85

Figura 29	Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 60 DDG.....	87
Figura 30	Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 20 DDG.....	92
Figura 31	Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 20 DDG.....	94
Figura 32	Comparación de la altura de la planta promedio entre las repeticiones 60 DDG.....	100
Figura 33.	Comparación de la altura de la planta promedio entre los tratamientos 60 DDG.....	102

ÍNDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1	Primera etapa del cultivo.....	132
Anexo 2	Avance de la primera etapa del cultivo.....	132
Anexo 3	Presencia del <i>Spodoptera frugiperda</i>	133
Anexo 4	Afectación por <i>Spodoptera frugiperda</i>	133
Anexo 5	Identificación con rótulos por repetición.....	134
Anexo 6	Identificación con rótulos por tratamiento.....	134
Anexo 7	Última etapa del cultivo.....	135
Anexo 8	Últimas evaluaciones del cultivo.....	135
Anexo 9	Determinación del punto adecuado para el ensilaje internamente.....	136
Anexo 10	Corte de planta de maíz.....	136
Anexo 11	Proceso de picado.....	137
Anexo 12	Ensilaje.....	137
Anexo 13	Biofertilizante utilizado.....	138
Anexo 14	Bioestimulante utilizado.....	138

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los monocultivos de más relevancia en el aspecto económico nacional y del mundo. Es parte fundamental de la elaboración de balanceados de la industria animal, ya que el sector agropecuario es uno de los que demanda más de este cultivo (Carrión, 2018).

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en algunos lugares lo producen pequeños y medianos productores que no cuentan con recursos económicos ni tecnologías adecuadas en la conducción de su cultivo, esto limita alcanzar potenciales máximos de rendimiento del grano. A pesar de que ya se cuentan con materiales mejorados con estabilidad de rendimiento (Vázquez et al., 2020), la falta de innovaciones agrícolas en el manejo agronómico del maíz contribuye a su baja productividad, además de las condiciones edafoclimáticas adversas en los ambientes contrastantes reduce significativamente la producción (Turrent et al., 2016).

Sin embargo, Martínez et al (2022) señalan que el uso de bioestimulantes ha sido una estrategia agrícola para aumento del rendimiento y la calidad de los cultivos, ya que contribuyen a mejorar la absorción de nutrientes, estimular el desarrollo radicular y optimizar la resistencia de las plantas frente a condiciones de estrés ambiental.

Para Morales et al. (2024), el uso de bioestimulantes radiculares es una de las mejores alternativas para el incremento de la productividad debido a que estos actúan directamente en la raíz, induciendo a la aparición de raicillas, lo que se traduce como una mejora en la capacidad de absorción de los nutrientes

disponibles en el suelo, teniendo como resultado una mejora en la producción del maíz.

Los bioestimulantes mejoran el crecimiento de plantas a través de su eficiencia en la asimilación de nutrientes y agua. La fertilización foliar corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto, es una práctica que sirve de respaldo para completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (García, 2019).

Ramírez (2015) los bioestimulantes son productos de origen biológico con la capacidad de mejorar el potencial fisiológico de diversas plantas. Los bioestimulantes influyen en procesos metabólicos como la fotosíntesis, respiración celular, absorción radical y mejoran el desarrollo y producción de muchos cultivos. Dichos productos se encuentran en el mercado en distintas presentaciones y tipos, estos dentro de su composición contienen compuestos como fito-hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, fenoles y polisacáridos. Lo anterior genera a su vez efectos benéficos en el cultivo, los cuales van desde potenciar el crecimiento y desarrollo, favorecer la resistencia al estrés biótico y abiótico hasta mejorar la biología del suelo.

1.1. Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes en la agricultura mundial, especialmente para la producción de forraje, como el maíz

destinado a silo, una de las principales fuentes de alimento para el ganado (Fuentes, 2022).

Para Barreto y Pinos (2023) la optimización del rendimiento y la calidad del maíz para silo es crucial para mejorar la eficiencia en la alimentación animal y la rentabilidad en los sistemas agropecuarios. Sin embargo, diversos factores como la densidad de siembra, la fertilización y el uso de bioestimulantes influyen significativamente en el desempeño de este cultivo.

En la actualidad uno de los problemas más importantes está asociado a los bajos rendimientos, así como también a la baja rentabilidad del cultivo de maíz debido al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos y al bajo contenido de materia orgánica en el suelo, por lo antes mencionado el desarrollo de nuevas alternativas ecológicas basadas en interacciones biológicas es crucial para incrementar la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo (Morales et al., 2024).

Para García (2019) los bajos niveles de rentabilidad del cultivo de maíz es el principal problema, por desconocimiento del uso adecuado de bioestimulantes y fertilizantes foliares. Las prácticas de manejo para el uso de los fertilizantes son imprescindibles para aumentar la producción y los rendimientos.

Según Sangoi (2021) la relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, debido a que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de acuerdo a la condición del suelo, el clima, las prácticas culturales y el genotipo.

La fertilización es otro factor esencial para garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo del maíz. La aplicación adecuada de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), es fundamental para lograr un alto rendimiento (Barrios y Basso, 2018).

En los últimos años, el uso de bioestimulantes, ha sido una estrategia dentro del programa de fertilización como complemento a la fertilización aplicada al suelo (Zamudio et al., 2018). Los estudios sobre los efectos de bioestimulantes se han intensificado en diferentes cultivos (Du Jardin, 2015).

Además, el uso de bioestimulantes, que son sustancias naturales capaces de mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas, se ha postulado como una herramienta útil para maximizar el rendimiento en condiciones subóptimas (Vera et al., 2024).

La bioestimulación foliar proporciona a la planta de maíz las herramientas necesarias para hacer frente a posibles situaciones de estrés (climatológicas, deficiencias/excesos del suelo, falta de agua, plagas y enfermedades). Así, estimula el desarrollo del cultivo y maximiza el rendimiento gracias a un mejor aporte nutricional (Castelan, 2014).

Por otro lado, Wilcox y Rivera (2024) señalan la mayor parte del costo de producción del cultivo está en los insumos, principalmente en el costo de los fertilizantes, por lo cual, es imperante realizar ensayos en la utilización de bioestimulantes y biofertilizantes que bajen los costos y contribuyan a una agricultura sustentable.

1.2. Antecedentes

La planta de maíz se caracteriza por su alto contenido energético puesto que posee gran porcentaje de materia seca (MS), actitud que le permite almacenar azúcares solubles y almidón como también el Extracto no nitrogenado (ENN) que contiene del 70 al 75 por ciento (%) de digestibilidad, proporción que representa un 60% de la planta entera de MS (Fassio et al., 2018).

Para Benítez (2018) la fertilidad de los suelos es un factor clave tanto para el crecimiento de las plantas y su influencia en la productividad, de igual manera a la calidad del alimento es necesario el nitrógeno. Varios investigadores recalcan que el nitrógeno es parte de cada célula viva siendo esta esencial en la planta.

Hoy se buscan alternativas de fertilización combinada para los cultivos con el fin de lograr mayores rendimientos de granos, en la búsqueda de las opciones se encuentra las distintas aplicaciones de fertilizantes de composición química y bioestimulantes de crecimiento. La utilización de bioestimulantes puede promover un aumento en la productividad de los cultivos mediante la mejora en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés abiótico y mejora de las características agronómicas del cultivo, estas combinadas con una aplicación correcta según el análisis de suelo en nuestro cultivo de maíz podría lograr óptimos resultados (Armadans et al., 2025).

La aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes a los cultivos constituye una estrategia priorizada para mejorar y preservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, elevar el potencial agroproductivo y sustituir importaciones (Torres et al., 2018).

Para obtener altos rendimientos es necesario realizar periódicamente análisis de distintos materiales híbridos o variedades, en diferentes épocas del año y bajo los sistemas de producción adecuados al momento. Por lo tanto, se debe ensayar con arreglos topológicos considerando las distintas arquitecturas de los cultivares, la incorporación de bio estimulantes para maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados y el monitoreo de las condiciones edafoclimáticas las cuales se han presentado inestables durante los últimos años en la Península de Azuero debido a la variabilidad climática provocada por el Cambio Climático Global (Wilcox y Rivera, 2023).

Las distintas densidades de siembra permiten delimitar las capacidades del cultivo para interceptar los recursos como la radiación, el agua o los nutrientes (Anselmi y Feresin, 2023).

La densidad de población es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos. En el maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, pues el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Sangoi, 2001).

La siembra de maíz oferta la mayor capacidad de prosperar a altas densidades, atribuyéndose a los desarrollos modernos que han incrementado su potencial de producción (Molina, 2016).

Según, Blanco y González, (2021) la influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), sugieren densidades óptimas de siembra de 65 000 plantas/ hectáreas (ha), para genotipos tropicales de maíz que tengan una altura de la planta superior a los 2,4 metros (m). Trabajos realizados sobre densidades de población en híbridos de maíz bajo temporal, en el trópico húmedo, demostraron que al aumentar la densidad de 50 000 a 62 500 planta/ha, obtuvieron el mayor rendimiento de grano, pues se incrementó en 0,30 toneladas t/ha. También se reportó que el rendimiento aumentó 0,6 t/ ha, al incrementar la densidad de población de 60000 a 70 000 plantas/ ha. Varios estudios indicaron que el maíz difirió en su respuesta a la densidad de población en función del genotipo y de las condiciones ambientales.

Se han evaluado maíces forrajeros a una densidad de 104 000 plantas/ha y tres separaciones en cintas de riego, de 0,8; 0,9 y 1,0 m, con un rendimiento entre 27,8 y 70,2 t/ha de forraje (Montemayor et al., 2007).

Para Moya (2016) la densidad de población es uno de los factores que frecuentemente modifica el productor para incrementar el rendimiento de grano, pero no siempre establece la densidad adecuada. Si el productor utiliza una densidad de población mayor que la óptima, incrementa la competencia por luz, agua y nutrimentos, lo que ocasiona reducción en el volumen radical, número de mazorcas, cantidad y la calidad del grano por planta e incrementa la frecuencia de pudriciones de raíz y tallo, lo que propicia el acame. Por el contrario, las densidades de población bajas, provocan problemas con arvenses o de desperdicio de suelo.

Como recomendación de la producción del forraje se debe realizar durante la época seca o bajo condiciones controladas para obtener mejores resultados; ya que, bajo condiciones de lluvia a campo abierto se dificulta la fertilización líquida y aumenta la probabilidad de acumulación de humedad en las raíces causando pudrición (Wilcox, 2023).

Según Guerra et al (2014) para alcanzar un rendimiento potencial del maíz, ya sea en los diferentes genotipos, requiere de una fertilización apropiada y equilibrada. Las aplicaciones de los fertilizantes se recomiendan basándose en los resultados de un análisis de suelo, el cual se debe efectuar como mínimo cada dos años. Esta gramínea especialmente requiere para su desarrollo cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y elementos menores o micronutrientes en menor cantidad, pero aun así indispensables.

El maíz forrajero se ensila y se almacena para el suministro en épocas de no pastoreo. Para este proceso de silo, la siembra se efectúa de forma masiva, si se utiliza como alimento en verde de manera que la densidad de plantación de semilla oscila de unos 30 a 35 kilogramos (kg)/ha, sembrándose en hileras con una separación de 70 a 80 centímetros (cm) y a la siembra a chorrillo; para esta siembra se recogen variedades con alta precocidad para mejor desarrollo de la planta y así obtener altos rendimientos (Izquierdo, 2012).

Por una parte, el ensilaje es considerado una excelente opción para la alimentación, por la gran variedad de forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico. También hay que destacar que, más de la mitad

del maíz y otros cereales que se utilizan para la elaboración de concentrados animales, en especial para ganado bovino, son importados; por lo que es un sistema de alimentación costoso para el ganadero, convirtiéndose, así, el ensilaje, en un modo de alimentación más económico, que puede cumplir con los requerimientos nutricionales del animal (Duque, 2013).

Wilcox y Rivera (2024) sugieren para llevar a cabo una producción comercial se debe tomar en cuenta la diferencia en el tipo de grano por cultivar, donde el P30F35 es para consumo animal (piensos y alimentos), el IDIAP 1102 es para consumo animal y humano pero baja calidad molinera, SV1020 y el ADV 9292 son para consumo humano con alta calidad molinera.

La apertura del ensilaje es recomendable después de los 60 días esto debido a la relación con la digestibilidad de la materia seca como del almidón de manera que a partir de los dos meses la proteína del ensilaje va liberando almidón lo que permite una mejor digestibilidad y disponibilidad del nutriente (Demagnet, 2017).

Por lo tanto, la finalidad de la investigación es evaluar el efecto de la fertilización y bioestimulación en el rendimiento y calidad del maíz para silo bajo diferentes densidades de siembra. Presentado como pregunta principal de investigación ¿Cuáles efectos existen en la aplicación de fertilización y bioestimulantes en el rendimiento y calidad del maíz para silo bajo diferentes densidades de siembra?

1.3. Justificación

De acuerdo al cierre agrícola 2023-2024 hasta abril se obtuvo una producción total de 2 142 657.8 quintales (qq) de maíz. Las provincias con mayor producción con un 82% Los Santos, 12% Herrera y cinco por ciento (5%) Chiriquí (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2024).

En Panamá, la ganadería está conformada en un 96% por pequeñas y medianas fincas. Existen 6,800 lecherías, de las cuales 600 (8.8%) producen leche grado A; 200 dos punto nueve por ciento (2.9%) leche grado B y 6,000 (88.3%) leche grado C o industrial. Del total de leche comprada por la industria en el año 2017 (185,784,557 litros), la leche grado A representó el 58.5%; grado B tres punto cinco por ciento (3.5%) y grado C 38% (IDIAP, 2020).

La producción de leche en Panamá, se concentra principalmente en dos zonas; la Provincia de Chiriquí con una producción de 100 millones de litros (L) y la Región de Azuero (Provincia de Herrera y Los Santos), con una producción de 48 millones de litros, que representan el 53.8% y 25.8%, del total de la leche. En la provincia de Chiriquí predomina la producción de leche grado A; mientras que, en la región de Azuero, predomina la producción de leche grado C y concentran el 52.3% de las fincas lecheras, representadas principalmente por pequeños productores (IDIAD, 2020).

Los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (2023) muestran que el sector pasó de producir 205.072.250 L en 2015, a 178.975.039 L en 2023. Una tendencia que también se vio reflejada en la cantidad de ganado lechero con

que cuenta el país, pasando de 231.400 cabezas de ganado lechero, en 2015, a 157.500 para 2023.

El ensilaje de maíz es una de las alternativas disponibles para la alimentación del ganado durante la época seca, con un alto potencial de producción de leche (Herrera y Guerrero, 2009).

Además, el ensilaje es uno de los forrajes más importantes en el mundo principalmente para los ganaderos. Se usa ampliamente por los altos rendimientos de MS/ha que se pueden obtener de un alimento con buen valor energético y por su alta palatabilidad. A su vez, presenta como ventajas el no requerir ningún tratamiento previo para ser ensilado debido a que posee buenas características a través del corte directo, la cosecha es rápida y los costos de almacenamiento son bajos (Romero y Aronna, 2004).

González (2003), en estudios realizados en la región de Azuero, en Panamá, recomienda el uso del CT-22, como pasto de corte por presentar ventajas claras en su manejo por la ausencia de pubescencia, alto rendimiento de MS y buena calidad del forraje. Por otro lado, señalan que la respuesta animal es superior cuando se realizan los cortes antes de los 90 días, específicamente, en torno a los 60 días. Además, reportan rendimientos de materia seca de 8.4 y 12.72 t MS ha corte-1 y contenido de proteína cruda de 10.1 y 8.3%, para edades de corte de 60 y 90 días, respectivamente.

Por lo tanto, debido a las características climáticas de la provincia de Los Santos, los productores utilizan la técnica del ensilado para asegurar el suministro

de alimento y garantizar el aporte nutricional diario que sus semovientes demandan durante el periodo seco (Wilcox y Urriola, 2024).

La investigación sobre la combinación de fertilización, bioestimulación y densidad de siembra puede proporcionar a los productores una estrategia eficiente para maximizar tanto la cantidad como la calidad del maíz para silo.

Además, los estudios sobre bioestimulantes ofrecen una vía prometedora para mejorar la resiliencia del maíz frente a adversidades climáticas, lo que es crucial en el contexto de un cambio climático global. En este sentido, la investigación propuesta será un aporte significativo para el conocimiento agronómico, permitiendo a los agricultores adoptar prácticas más sostenibles y rentables en la producción de maíz.

Por otro lado, al no existir una gran cantidad de investigaciones centradas en la interacción entre fertilización, bioestimulación y densidad de siembra en maíz para silo, el presente estudio contribuirá a llenar este vacío, proporcionando información valiosa que pueda ser utilizada para diseñar estrategias agronómicas más efectivas y rentables en las regiones de producción.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Analizar el efecto de la fertilización y bioestimulación en el rendimiento y calidad del maíz para silo bajo diferentes densidades de siembra.

1.4.2. Específicos

- Evaluar la utilización de bioestimulantes en la fertilización y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de maíz para silo.
- Identificar el efecto del distanciamiento sobre el rendimiento del cultivo de maíz para silo.
- Correlacionar la bioestimulación y el distanciamiento de siembra y su efecto sobre el rendimiento en el cultivo de maíz para silo.

1.5. Hipótesis

Hipótesis: Factor A

- H_a = Existe una influencia de la fertilización con bioestimulantes sobre el rendimiento de maíz para silo.
- H_0 = No existe una influencia de la fertilización con bioestimulantes sobre el rendimiento de maíz para silo.

Hipótesis: Factor B

- H_a = Si tiene el distanciamiento una influencia sobre el rendimiento del cultivo de maíz para silo.
- H_0 = No tiene el distanciamiento una influencia sobre el rendimiento del cultivo de maíz para silo.

1.6. Alcances y limitaciones

El estudio evaluará el efecto de los bioestimulantes en la fertilización del maíz para silo, así como el impacto de diferentes densidades de siembra en su

rendimiento y calidad. Se buscará también correlacionar ambos factores para determinar su interacción. Sin embargo, las limitaciones incluyen factores climáticos impredecibles, la variabilidad genética del maíz, el control de plagas y enfermedades, y los costos de los insumos, que podrían restringir la aplicabilidad de los resultados en diferentes contextos o para ciertos productores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es una planta anual y monoica de porte robusto y con un rápido desarrollo vegetativo, el cual puede alcanzar hasta 5 metros de altura, teniendo un promedio aproximado de 2 a 2,50 metros (Ortigoza et al 2019).

Su clasificación taxonómica, según el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, 2023) es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *mays*

Nombre científico: *Zea mays* L.

Según Acharya et al. (2020), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

2.1.1 Características botánicas

2.1.1.1 Raíces: Son fasciculadas y su misión es proporcionar un anclaje perfecto a la planta. En algunos casos, unos nudos de las raíces sobresalen a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Acharya et al. 2020).

2.1.1.2 Tallo: Es erecto en forma de caña y macizo en su interior, compuesto por tres capas: una epidermis impermeable y una transparente, una pared vegetal por la que circula la savia y una médula de tejido esponjoso y blanco en donde se almacenan los azúcares (Acharya et al. 2020).

2.1.1.3 Hojas: Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias, de gran tamaño alcanzando los 120 centímetros de longitud y los 9 centímetros de ancho. Se hallan abrazando al tallo y con presencia de vello en el haz, asimismo los extremos de las hojas son muy cortantes (Acharya et al. 2020).

2.1.1.4 Inflorescencia: La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que tiene aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, asimismo cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina se denomina mazorca cuando ha sido fecundada por los granos de polen, aquí se hallan las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se encuentra cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro (Acharya et al. 2020).

2.1.1.5 La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), su color estándar alcanzada la madurez oscila entre blanco y amarillo, pudiendo ser también violáceo o rojo en ciertas especies, cada grano de maíz en una mazorca es un fruto independiente, inserto en un eje o raquis cilíndrico, conocido como elote, contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano mientras que el embrión está formado por la radícula y la plúmula (Acharya et al. 2020).

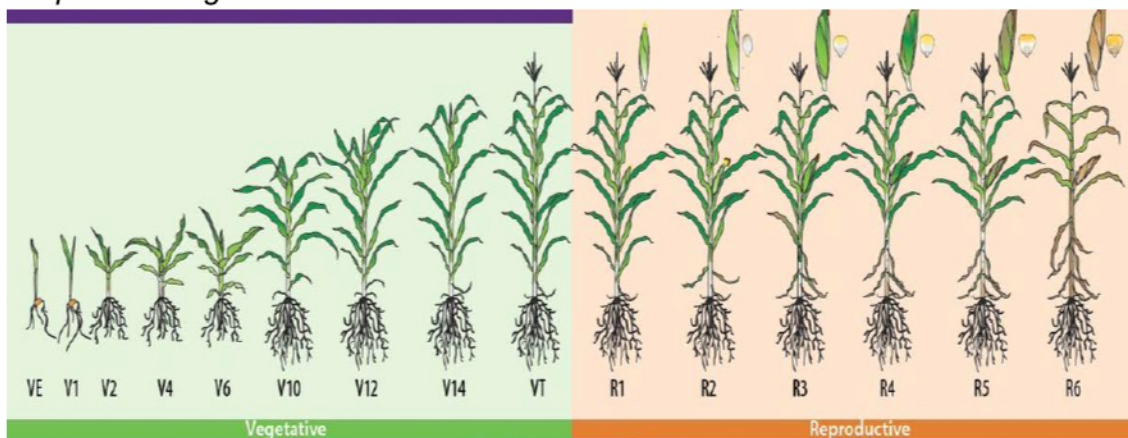
La fenología del maíz se divide en dos estados (INTA, 2012) como muestra la tabla 1 y en la figura 1.

Tabla 1.

Etapas fenológicas del maíz

ESTADOS VEGETATIVOS	ESTADOS REPRODUCTIVOS
VE emergencia	R1 sedas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 Grano lechoso
V3 tercera hoja	R4 Grano pastoso
V(n) enésima hoja	R5 Dentado
VT Panoja	R6 Madurez Fisiológica

Fuente: INTA, 2012

Figura 1.*Etapas fenológicas del maíz*

Fuente: Ciampitti et al. (2016)

2.2. Fertilización

El maíz es una planta exigente y muy sensible a las variaciones de fertilidad del suelo, por ende, responde bien a las aplicaciones de compuestos orgánicos, fertilizantes químicos y se debe aplicar en base a un análisis de suelo. El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz es fundamental para alcanzar rendimientos elevados, sostenidos en el tiempo, y con resultados económicos positivos (Ortigoza et al., 2019).

La fertilización como técnica en el cultivo que tiene como finalidad principal aportar al suelo o a la planta directamente las enmiendas o productos fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) necesarios para lograr rendimientos satisfactorios de frutos de alta calidad, con el mínimo de impacto ambiental y con el coste económico más bajo posible (Pomares, 2013).

Según Bogusz et al. (2021) la fertilización de forma diluida ofrece la ventaja de que los nutrientes se aportan disueltos al suelo, lo que puede facilitar su movimiento hacia las raíces incrementando su absorción y uso eficiente, particularmente en momentos donde la humedad superficial del suelo no es suficiente para que los fertilizantes granulados se solubilizan completamente.

El fertilizante compuesto se debe aplicar a la siembra a chorro continuo al fondo del surco. El nitrógeno (urea) debe ser aplicado en complemento a los 45 días después de la siembra a los lados, a 10 cm de las plantas e incorporar con la labor de aporque. Otros elementos como boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), molibdeno (Mo) y zinc (Zn) son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta pero que también son indispensables para el normal desarrollo de la planta. Se los puede utilizar también después de que el cultivo haya sufrido una helada no muy severa (cuando el cultivo es capaz de recuperarse) acompañado de un riego por gravedad o aspersión (Yanez et al., 2013).

Según Linares (2021) las dosis y la frecuencia de aplicación dependen de las etapas fenológicas de la planta, del tipo de suelo, del sistema de humedad que se maneje, de la composición de nutrientes disponibles y faltantes en el suelo y de la disponibilidad de recursos económicos. Esta es una de las razones principales para realizar un análisis de suelo previo al establecimiento del cultivo.

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrientes (CENTA et al., 2022).

El plan de fertilización según los requerimientos sin considerar análisis de suelo (CENTA et al., 2022) como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Plan de fertilización con respecto a requerimientos sin considerar análisis de suelo.

Momento de aplicación	Dosis			
	Kg/ha	qq		
Siembra a ochos días de emergido	175	3	Fórmula	18
			46-0	
De 20 a 25 días después de siembra	259	4	Fórmula	
			15-15-15	
			16-20-0	
Entre 30 a 35 días después de siembra	259	4,4	Sulfato de	
			Amonio 21%	
Entre 30 a 35 días después de siembra	97	1,5	Urea 46%	

Fuente: (CENTA et al., 2022)

En el caso del cultivo de maíz, las cantidades de fertilizante por hectárea por aplicar varían respecto a la fertilidad del suelo (Tabla.3). En suelos de fertilidad media a alta es recomendado fraccionar las aplicaciones, la primera de ellas realizada durante la siembra o la germinación de la semilla, mientras que las aplicaciones posteriores se recomiendan entre el día 25 y 30 después de la siembra (Bonilla 2009).

Tabla 3.

Cantidad de macroelementos por aplicar y fraccionamiento según fertilidad del suelo en el cultivo de maíz (Zea mays)

Elemento	Fertilidad media (kg/ha)	Fertilidad baja (kg/ha)	Fraccionamiento
Nitrógeno	100	100	25% siembra y 75% posterior aplicación
Fosforo	60	90	100% siembra
Potasio	40	50	100% siembra

Fuente: Guzmán, 2020.

Se recomienda realizar un abonamiento por una sola vez durante el ciclo del cultivo. Se puede utilizar: compost, lombrinaza (humus de lombriz), bocashi, pollinaza y estiércol de vaca bien descompuesta, siempre y cuando el abono orgánico sea de buena calidad y contenga al menos el 1% o más de nitrógeno, en este caso se recomienda aplicar entre 100 quintales por hectárea (suelos con alto contenido de nutrientes) y 200 quintales por hectárea (suelos con bajos contenidos de nutrientes) (Yanez et al., 2013).

2.3. Bioestimulación

Los bioestimulantes representa una conceptualización considerablemente amplia debido a que entre estos no solo se incluyen sustancias, sino también microorganismos, los cuales tienen como función principal estimular la absorción

y la asimilación de nutrientes en las plantas, cabe mencionar que estos son procesos naturales. Por otro lado, permiten dar tratamiento a estrés abiótico y potenciar la capacidad de los cultivos en términos agronómicos (Certis, 2021).

El objetivo de emplear bioestimulantes en las cosechas es potenciar su calidad, pero la vez atender las necesidades más comunes en los cultivos, como puede ser deficiencias en cuanto a la humedad, luz solar, problemas con respecto a la temperatura, lo que ocasiona que la calidad se vea afectada y el producto pierda valor comercial. Es preciso mencionar que el impacto del bioestimulante no solo se palpa en la cosecha sino también en el suelo, el cual, tiende a superar las falencias de micro y macro nutrientes (Barreto y Pino, 2023).

Para Vera et al. (2024) los bioestimulantes son productos orgánicos o inorgánicos que contienen sustancias bioactivas y/o microorganismos, que, aplicados a la planta, estimulan su crecimiento, productividad y calidad; por tanto, son tecnologías agronómicas que han mostrado una alta efectividad para aumentar el uso eficiente de nutrientes e impulsar el desarrollo y productividad de los cultivos bajo condiciones de estrés.

Los ácidos húmicos y fúlvicos, que son parte del suelo constituye la parte orgánica. Los aminoácidos, estos son obtenidos mediante hidrolisis, sea esta química o enzimática de las proteínas, ya sea de residuos de las cosechas anteriores, colágeno y tejidos animales. El extracto de alga inicialmente fue empleado como fertilizante, sin embargo, con el pasar de los años se reconocieron sus propiedades como bioestimulantes (Certis, 2021).

Los quitosanos, su producción se da de manera natural e industrial y son empleados no solo en la agricultura como fertilizantes, sino también en ramas como la cosmética o la medicina. Los compuestos inorgánicos contienen elementos químicos como el aluminio, cobalto o sodio que, en cantidades recomendadas, fortalecen a la planta frente a patógenos. Finalmente están los hongos y bacterias, que determinadas especies permiten el correcto desarrollo de la planta (Barreto y Pino, 2023).

Considerando que ambos elementos son importantes para el desarrollo de los cultivos debido a que promueven el óptimo desarrollo de las plantas, sin embargo, se puede evidenciar una marcada diferencia entre ambos las cuales se presentan a continuación:

- Ambos aportan nutrientes a las plantas, pero el bioestimulante se encarga de mejorar la absorción y su eficiencia (Certis, 2021).
- Los fertilizantes se emplean en grandes cantidades, mientras que la cantidad de bioestimulantes es mucho menor, puesto que, basta con 12 kg para brindar nutrientes a una hectárea de tierra (Barreto y Pino, 2023).
- Los fertilizantes brindan nutrientes, pero no protegen a la planta de plagas y enfermedades, lo cual, si es posible con el uso de los bioestimulantes (TECNOBELL, 2021).

Valagro (2015), considera que los bioestimulantes favorecen el crecimiento y el desarrollo de las plantas durante todo el ciclo de vida del cultivo, desde la germinación hasta la madurez de las plantas:

- Mejorando la eficiencia del metabolismo de las plantas obteniéndose aumentos en los rendimientos de los cultivos y la mejora de su calidad;
- Implementando la tolerancia de las plantas a los esfuerzos abióticos y la capacidad de recuperarse de ellos;
- Facilitando la asimilación, el paso y el uso de los nutrientes;
- Aumentando la calidad de la producción agrícola, incluyendo el contenido de azúcares, color, tamaño del fruto, etc.
- Regulando y mejorando el contenido de agua en las plantas;
- Aumentando algunas propiedades físico-químicas del suelo y favoreciendo el desarrollo de los microorganismos del suelo.

2.4. Densidad de siembra

Tal como menciona Demanet y Canales (2020) la siembra se hace en línea con máquinas de precisión a distancia definitiva, con una cantidad entre 100.000 y 105.000 semillas/ha con el objetivo de lograr una densidad de 10 plantas/m², poblaciones inferiores o superiores pueden generar modificación en la cosecha, además es importante tratar estos cultivos con insecticidas y fungicidas que reduzcan el riesgo a diferentes. Asimismo, la densidad depende de la fertilidad, genético y manejo agronómico del cultivo, además la densidad para el forraje es mayor que para la producción de grano (Amat, 2019).

Según Velásquez (2018) la densidad de siembra de cultivos se define como el número de plantas por unidad de área de terreno; tiene un marcado efecto sobre la capacidad de producción de las plantas y es tan importante, que se le considera

como un insumo más en el proceso de producción; de la misma importancia que un fertilizante, por ejemplo. La densidad de siembra está relacionada con los efectos que en la planta produce la competencia de otras plantas de su misma especie o de otras que se encuentren dentro de un espacio determinado.

La densidad óptima en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo (Subedi et al. 2006).

La densidad de siembra es un factor determinante en el rendimiento del maíz. La correcta gestión de la densidad de siembra permite equilibrar la competencia entre plantas por recursos como luz, agua y nutrientes. Sin embargo, una densidad excesiva puede conducir a una competencia negativa, reduciendo el rendimiento y afectando la calidad del forraje (Blanco y González, 2021).

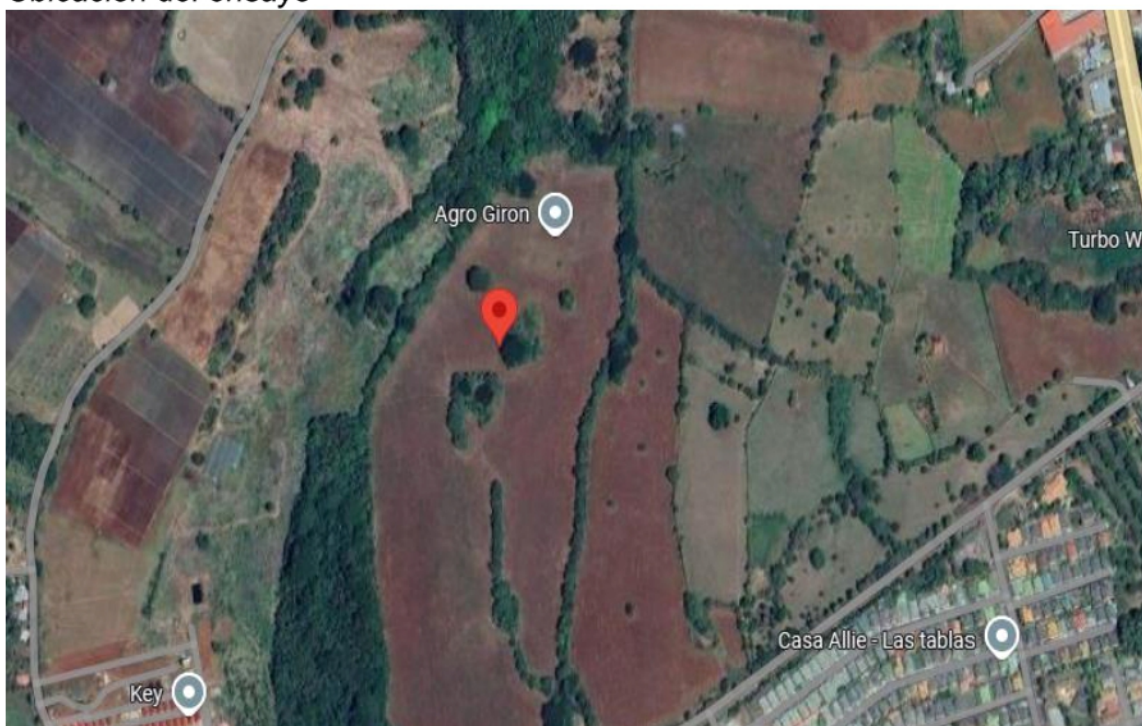
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

El ensayo se llevó a cabo en El Montero de Guararé, distrito de Guararé, provincia de Los Santos, República de Panamá, ubicado entre los 7.8094° N, 80.3046° O. En un área experimental de 300 m^2 .

Figura 2.

Ubicación del ensayo



Fuente: Google Maps.

3.2. Métodos

El ensayo se desarrolló con un arreglo factorial 5×4 implementado un diseño alfa látice con tres repeticiones en una superficie total de $1,152 \text{ m}^2$ cada repetición contó con 20 tratamientos ocupando una superficie total de 320 m^2 ; cada

tratamiento estuvo formado por cuatro (4) hileras con cinco (5) metros de largo separadas a 0.80 metros entre hileras con una superficie total de 16m² la cual se denominó unidad experimental (Figura 3). Para la toma de datos se consideró como unidad de muestreo a las dos hileras centrales de cada tratamiento la cual contó con una superficie total de ocho metros cuadrados (8m²) (Tabla 4).

Tabla 4.

Factores y tratamientos del ensayo.

Factor A (Fertilización)		Factor B (distancia de siembra)	
a1	100% fertilizantes	b1	0.80x0.10
a2	75% F Químico + bioestimulante	b2	0.80 x0.15
a3	50% F. Químico + bioestimulante	b3	0.80x0.20
a4	25% F. Químico + bioestimulante	b4	0.80x0.25
a5	bioestimulante		

Fuente: La autora.

Tabla 5.

Tratamientos aplicados

1) a1b1	5) a2b1	9) a3b1	13) a4b1	17) a5b1
2) a1b2	6) a2b2	10) a3b2	14) a4b2	18) a5b2
3) a1b3	7) a2b3	11) a3b3	15) a4b3	19) a5b3
4) a1b4	8) a2b4	12) a3b4	16) a4b4	20) a5b4

Fuente: La autora.

Figura 3.*Arreglo en campo.*

		Tratamientos																			
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
R1		T 2	T 8	T 4	T 1	T 10	T 16	T 13	T 14	T 18	T 12	T 11	T 19	T 6	T 20	T 9	T 3	T 7	T 15	T 5	T 17

		Tratamientos																			
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
R2		T 11	T 13	T 1	T 17	T 19	T 7	T 10	T 2	T 8	T 16	T 4	T 9	T 12	T 13	T 5	T 15	T 20	T 18	T 6	T 13

		Tratamientos																			
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
R3		T 6	T 18	T 3	T 7	T 1	T 13	T 11	T 8	T 20	T 10	T 19	T 17	T 2	T 4	T 15	T 14	T 5	T 9	T 16	T 12

Fuente: La autora.

3.2.1. Actividades realizadas antes de la siembra

Antes del inicio de la siembra se preparó la semilla con thiodicarb 35FS (Figura 4. A) luego se procedió con el bioestimulante inoculante granulado y el fertilizante biológico para fortalecer el cultivo (Figura 4. B).

Figura 4.

Preparacion de la semilla

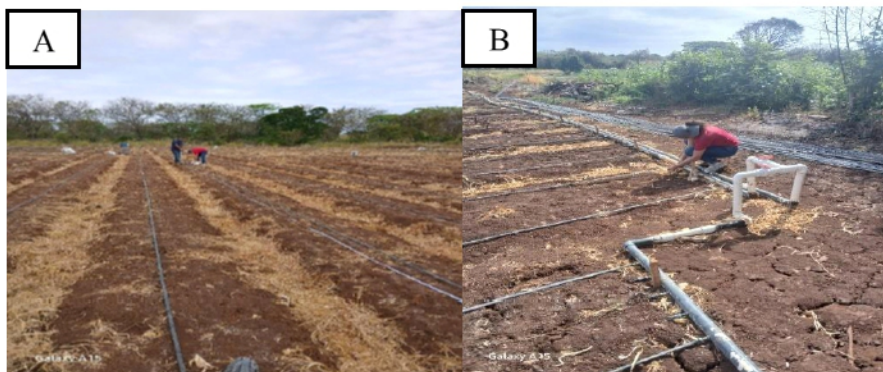


Nota: A. Semilla con thiodicarb 35FS. B. Bioestimulante inoculante granulado
Fuente: La autora.

Se realizó la medición del terreno para definir las áreas de cultivo (Figura 5. A). Luego se instalaron las mangueras siguiendo las líneas marcadas, cuidando la distancia entre plantas para asegurar una irrigación uniforme (Figura 5. B).

Figura 5.

Medición del terreno e instalación de las mangueras



Nota: A. Medición del terreno. B. Instalación de las mangueras en el cultivo

Fuente: La autora.

Una vez tratada la semilla y la medición del terreno e instalación de las mangueras se realiza la siembra directa (Figura 6). La siembra directa consiste en colocar la semilla de forma inmediata en el suelo definitivo donde la planta completará su ciclo, sin necesidad de trasplante. Se deposita la semilla en surcos, hoyos o al voleo, a la profundidad adecuada según la especie, permitiendo que germine y crezca en el mismo lugar.

Figura 6.*Etapa de siembra*

Fuente: La autora.

La germinación ocurrió entre uno y siete días después de la siembra, tiempo en el cual las semillas iniciaron el proceso de brote al absorber agua, activando su metabolismo y permitiendo la aparición de la radícula y el tallo inicial (Figura 7).

Figura 7.*Etapa de germinación*

Fuente: La autora.

Después de la germinación, fue necesario proporcionar los nutrientes esenciales para fortalecer el crecimiento inicial de las plántulas. Por ello, el abono se aplicó de manera manual alrededor de cada planta, asegurando que los elementos nutritivos se incorporaran directamente al suelo. Esta práctica favoreció el desarrollo del sistema radicular y contribuyó a un crecimiento más vigoroso del cultivo (Figura 8).

Figura 8.

Aplicación de abonos



Fuente: La autora.

Con el avance del cultivo también se presentaron riesgos de plagas, principalmente el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que afecta el follaje en etapas tempranas. Para prevenir daños significativos, se realizó la primera aplicación de insecticida de forma dirigida, asegurando la protección de las plántulas y favoreciendo su desarrollo saludable. El producto utilizado fue el clorraniliprol 35WC (Figura 9).

Figura 9.

Primera aplicación de insecticida para el gusano cogollero

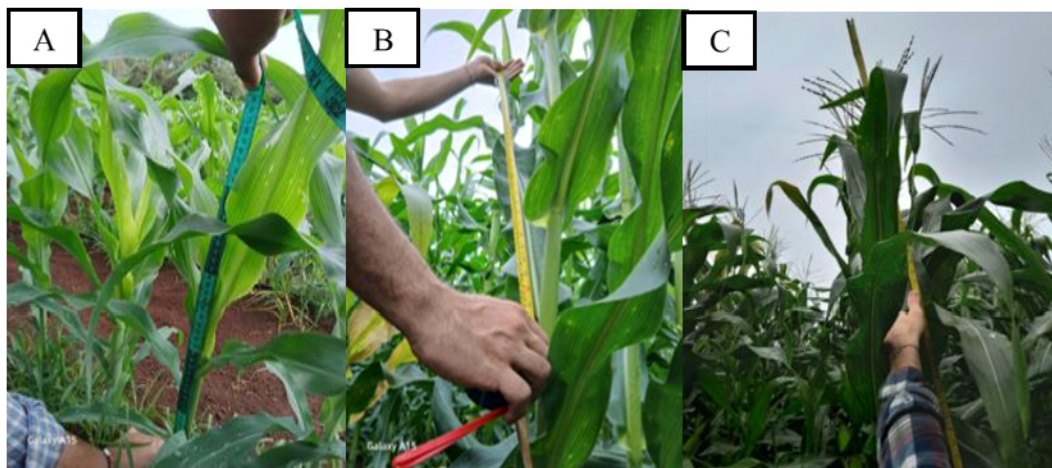


Fuente: La autora.

Transcurridos 20 días después de la germinación (20 DDG), se llevó a cabo la primera toma de datos, con el propósito de registrar el crecimiento inicial del cultivo y observar las condiciones generales de las plantas. Esta evaluación permitió identificar el estado de desarrollo, así como los efectos de las prácticas de fertilización y las diferentes densidades de siembra. (Figura 10. A). A los 40 DDG fue la segunda toma de datos (Figura 10. B) y a los 60 días DDG la tercera toma de datos (Figura 10. C).

Figura 10.

Toma de datos



Nota: A. Toma de datos 20 DDG. B.A los 40 DDG segunda toma de datos. C.60 días DDG la tercera toma de datos.

Fuente: La autora.

Posteriormente, se realizó la segunda aplicación de insecticida piretroide de 25 EC (Figura 11).

Figura 11.

Segunda aplicación de insecticida

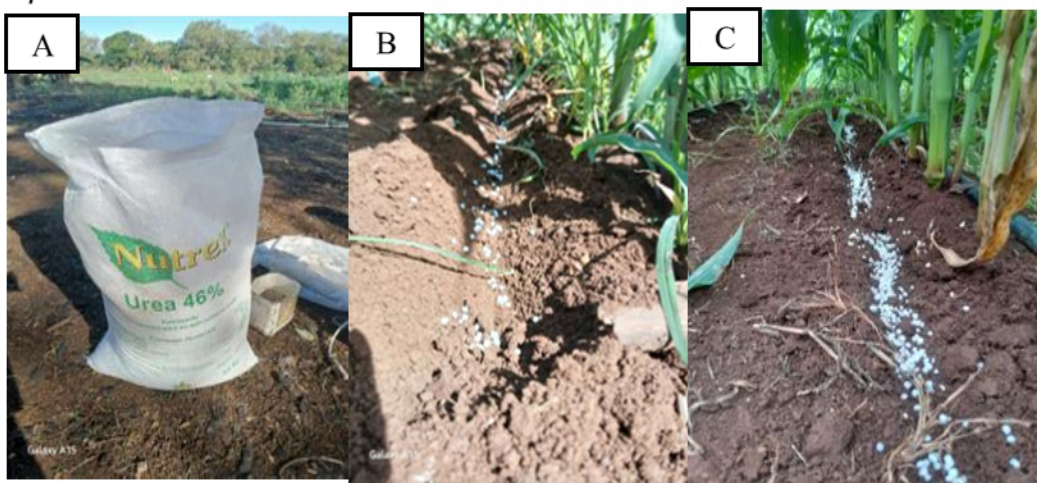


Fuente: La autora.

En la siguiente etapa del manejo del cultivo, se realizó la aplicación de urea al 40% (Figura 12. A), con el objetivo de aportar nitrógeno al suelo y estimular el crecimiento vegetativo de las plantas, asegurando así una base sólida para las fases posteriores, la primera fue a los 25DDG (Figura 12.B) y 35 DDG (Figura 12. C).

Figura 12.

Aplicación de urea



Nota: A. Producto de urea al 46%. B. Primera aplicación 25DDG. C. Segunda aplicación 35 DDG

Fuente: La autora.

Se realizó la eliminación de malezas manual y química, con el objetivo de reducir la competencia por nutrientes, luz y agua, asegurando un desarrollo óptimo de las plantas. Esta práctica de manejo de maleza contribuyó a mantener un cultivo sano y favoreció la eficiencia de los fertilizantes (Figura 13).

Figura 13.

Eliminación de malezas manual y química



Fuente: La autora.

A los 76 días después de la germinación (76 DDG) se procedió a la cosecha del cultivo y su ensilaje. Esta etapa permitió preservar los nutrientes y garantizar la calidad del forraje, asegurando un uso eficiente de la producción obtenida en el ciclo de cultivo. Primeramente, se realizó el corte manual con machete (Figura 13. A) y luego fueron pasados a la picadora (Figura 13.B).

Figura 14.

Proceso de corte para ensilaje



Nota: A. Corte manual con machete. B. Proceso de picado

Fuente: La autora.

Posteriormente al ensilaje, se llevó a cabo el embolsado y pesaje del forraje, con el objetivo de almacenar el ensilaje de manera segura y cuantificar la producción obtenida. Esta actividad permitió llevar un control preciso del volumen de biomasa generado y asegurar la conservación de los nutrientes durante el almacenamiento (Figura 15).

Figura 15.

Embolsado de forraje



Fuente: La autora.

3.2.2 Parámetros a evaluar

3.2.2.1 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se mide a una altura determinada 30 cm sobre la base de la planta usando un calibrador o una cinta métrica. Las mediciones se realizaron en diferentes etapas de desarrollo de la planta (por ejemplo, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra) para ver cómo evoluciona durante el ciclo del cultivo (Pérez et al., 2013).

3.2.2.2 Ancho de la hoja

Se seleccionaron varias hojas de plantas representativas y se mide el ancho de la hoja en su punto más amplio usando una regla o calibrador. Se puede medir varias veces durante el ciclo de crecimiento, en la fase vegetativa y en la etapa de floración (Gordón, 2021).

3.2.2.3 Altura de la planta

Para medir la altura de la planta, se utiliza una cinta métrica o regla. La medición se realiza desde la base del tallo (junto al suelo) hasta el extremo superior de la planta (Gordón, 2021).

3.2.2.4 Promedio de hojas

Durante la fase de cosecha se tomaron muestras contando el número de hojas del total de plantas cosechadas (Ramos et al., 2021).

3.2.2.5 Rendimiento t/ha

Cantidad de producto agrícola que se puede obtener de una parcela de tierra. Tradicionalmente, se mide en toneladas por hectárea (t/ha) o en quintales por hectárea (qq/ha) (Sáez, 2024). Al final de la cosecha se pesó por medio de una balanza digital el total de biomasa picada por unidad de muestreo.

3.2.3 Análisis bromatológico

Primeramente, se obtuvo el rendimiento, en el cual se pesa la cantidad de grano obtenido de cada parcela y se calcula el rendimiento en kg/ha. Este parámetro se evalúa solo al final del ciclo del cultivo, justo antes de la cosecha. Se realiza a través de métodos estandarizados que miden componentes como la proteína cruda, las fibras (FDN y FDA), el contenido de almidón, la materia seca y la digestibilidad. Estos análisis son cruciales para la evaluación de la calidad del forraje y se realizan en laboratorios especializados, siendo importantes para la nutrición animal y la toma de decisiones en la producción de maíz para silo (Izquierdo, 2012).

3.2.4 Análisis Económico

Estudio técnico-financiero que evalúa la rentabilidad, costos, beneficios y viabilidad de proyectos o actividades agropecuarias (Ortega, 2018). Se realizó un análisis económico de los costos y rentabilidad en los tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diámetro de tallo

4.1.1. 20 DDG diámetro del tallo

En la tabla 6 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al diámetro del tallo 20 DDG según las repeticiones. En la tabla de rangos promedio se observa que la repetición uno presentó el mayor rango promedio (126.06), seguida de la repetición dos (122.10), mientras que la repetición tres mostró el menor rango promedio (110.25).

Tabla 6.

Resumen de los rangos promedio por las repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	126.06
2	79	122.10
3	79	110.25
Total	238	

Fuente: La autora.

En la tabla 7, los estadísticos de prueba, el valor del estadístico chi-cuadrado (χ^2) fue de 2.345, con dos grados de libertad, y una significancia asintótica de $p = 0.310$. Dado que el valor de p es mayor a 0.05, no se rechaza la

hipótesis nula, por lo que no existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre las repeticiones evaluadas.

Tabla 7.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (20 DDG) en las repeticiones

	DiamT
Chi-cuadrado	2.345
gl	2
Sig. asintótica	.310 NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

En la tabla 8 se observa que se evaluaron 239 plantas, distribuidas en 20 tratamientos. El mayor rango promedio correspondió al tratamiento cuatro (160.00), seguido del tratamiento dos (156.25), mientras que el menor rango promedio se presentó en el tratamiento tres (76.13).

Tabla 8.
Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	103.79
2	12	156.25
3	12	76.13
4	12	160.00
5	12	147.38
6	12	108.75
7	12	112.75
8	12	136.00
9	11	126.68
10	12	111.17
11	12	130.83
12	12	108.54
13	12	100.54
14	12	140.42
15	12	121.79
16	12	83.00
17	12	106.54
18	12	125.42
19	12	117.96
20	12	126.63
Total	239	

Fuente: La autora.

En la tabla 9, de estadísticos de prueba, el valor del estadístico chi-cuadrado (χ^2) fue de 23.616, con 19 grados de libertad, y una significancia asintótica de $p = 0.211$. Dado que el valor de p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que no existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo (20 DDG) entre los tratamientos evaluados.

Tabla 9.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (20 DDG) por tratamientos

	DiamT
Chi-cuadrado	23.616
gl	19
Sig. asintótica	.211 NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.1.2. 40 DDG Diámetro del tallo

La tabla 10 los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para las repeticiones muestran que todas las repeticiones presentan valores de significancia $p \leq 0.05$, lo que indica que ninguna repetición cumple con la distribución normal. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se concluye que el diámetro del tallo no presenta distribución normal en las repeticiones.

Tabla 10.*Resumen de los rangos promedio por las repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	118.29
2	80	117.46
3	79	124.30
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 11 presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis el valor obtenido de Chi-cuadrado fue de 0.472 con dos grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.790. Debido a que el valor de significancia es mayor que 0.05, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en cuanto al diámetro del tallo.

Tabla 11.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (40 DDG) por repeticiones*

	DiamT
Chi-cuadrado	.472
gl	2
Sig. Asintótica	.790 NS

*Nota:**a. Prueba de Kruskal-Wallis**b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia*

NS No significativa

Fuente: La autora.

En la tabla 12, para el diámetro del tallo a los 40 días después de la germinación (DDG), la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis permitió comparar los tratamientos a partir de los rangos promedio. El tratamiento ocho (172.38), T12 (165.92), T16 (151.54) y T20 (154.50) presentaron los rangos promedio más altos, lo que indica una mayor tendencia a valores superiores de diámetro del tallo. Los tratamientos nueve (T9) (59.67), T13 (76.58) y tratamiento uno (T1) (97.96) mostraron los rangos promedio más bajos, reflejando un menor desarrollo del diámetro del tallo.

Tabla 12.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	97.96
2	12	109.13
3	12	110.88
4	12	120.08
5	12	105.46
6	12	119.63
7	12	117.46
8	12	172.38
9	12	59.67
10	12	141.13
11	12	127.00
12	12	165.92
13	12	76.58
14	12	118.42
15	12	94.92
16	12	151.54
17	12	118.17

Continuará...

.....Continuación

18	12	132.25
19	12	116.96
20	12	154.50
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 13, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al diámetro del tallo a los 40 días después de la germinación (DDG) mostraron un valor de chi-cuadrado de 37.399 con 19 grados de libertad y una significancia asintótica de 0.007 ($p \leq 0.05$), lo que indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos influyeron de manera significativa en el diámetro del tallo a los 40 DDG, evidenciando un comportamiento diferenciado en el crecimiento de esta variable entre los grupos de estudio (Figura 16).

Tabla 13.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (40 DDG) por tratamientos

	DiamT
Chi-cuadrado	37.399
gl	19
Sig. asintótica	.007 * *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

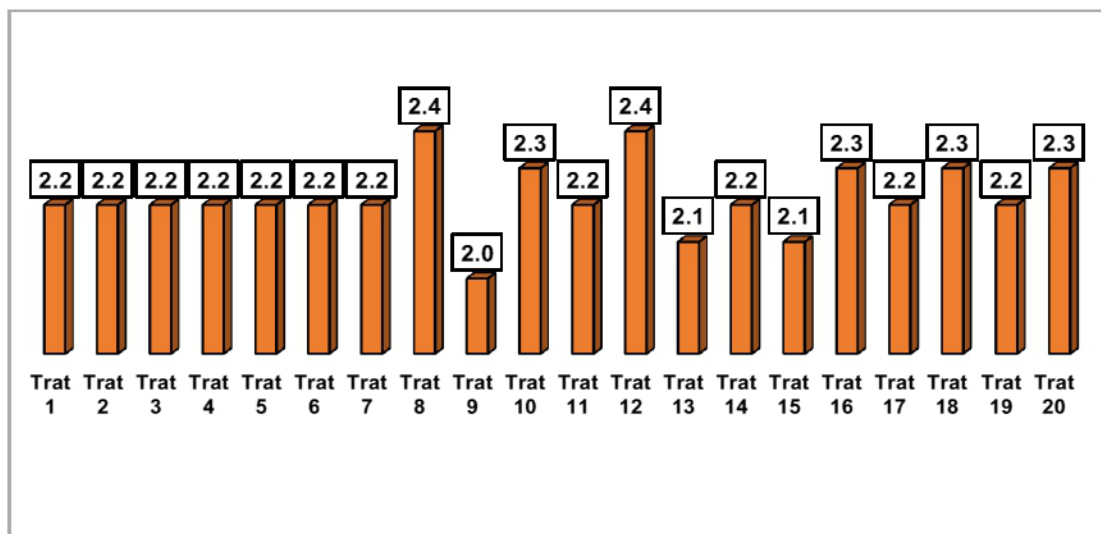
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 16.

Comparación del diámetro del tallo promedio entre los tratamientos 40 DDG



Fuente: La autora.

4.1.3. 60 DDG Diámetro del tallo

En la tabla 14, para el diámetro del tallo a los 60 días después de la germinación (DDG), considerando las repeticiones del experimento de rangos, la repetición uno presentó el mayor rango promedio (153.92), la repetición dos (124.55), mientras que la repetición tres mostró el rango promedio más bajo (83.03). Estas diferencias entre rangos son notables, indicando variabilidad en el diámetro del tallo entre las repeticiones.

Tabla 14.*Resumen de los rangos promedio por las repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	153.92
2	80	124.55
3	80	83.03
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 15 de estadísticos de prueba, el valor del estadístico Chi-cuadrado fue de 42.794, con dos grados de libertad, y una significancia asintótica $p = 0.000$. Dado que este valor de p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre las repeticiones. Esto sugiere que las repeticiones influyeron de manera significativa en el comportamiento de esta variable (Figura 17).

Tabla 15.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (60 DDG) en las repeticiones*

	DiamT
Chi-cuadrado	42.794
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

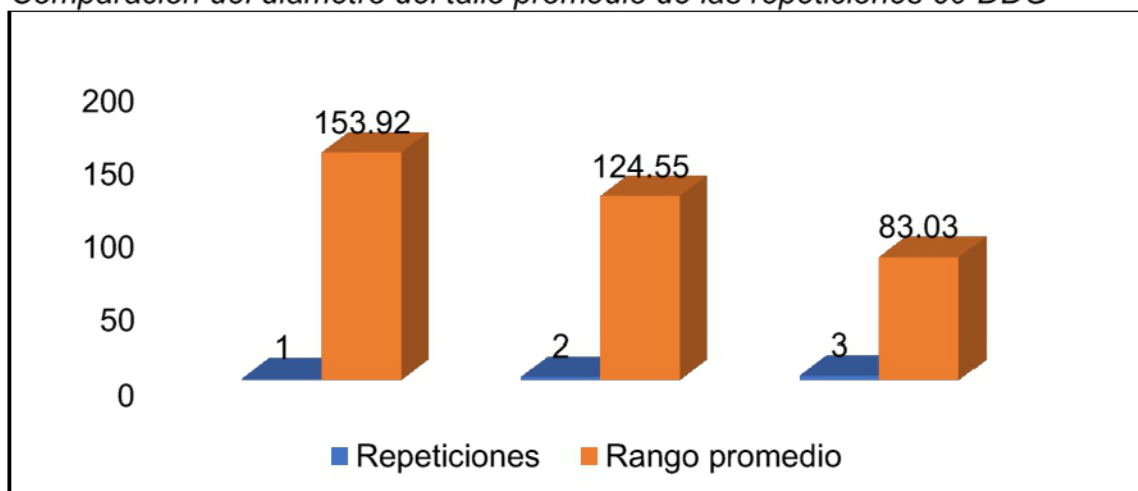
*Nota:**a. Prueba de Kruskal-Wallis**b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia*

* *Altamente significativa

Fuente: La autora, 2025.

Figura 17.

Comparación del diámetro del tallo promedio de las repeticiones 60 DDG



Fuente: La autora.

En la tabla 16, considerando los distintos tratamientos del experimento. En la tabla de rangos, se observa que existen diferencias notables en los rangos promedio entre los tratamientos, siendo el tratamiento cuatro (T4) el que presentó el mayor rango promedio (167.96), seguido de los tratamiento dos (T2) (164.42) y tratamiento siete (T7) (154.96), mientras que el tratamiento nueve (T9) mostró el rango promedio más bajo (60.75). Esto indica que los tratamientos influyeron de manera variable en el crecimiento del diámetro del tallo.

Tabla 16.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	83.33
2	12	164.42
3	12	146.75
4	12	167.96
5	12	96.63

Continuará...

...Continuación		
6	12	105.04
7	12	154.96
8	12	139.21
9	12	60.75
10	12	99.50
11	12	129.54
12	12	128.33
13	12	86.33
14	12	114.54
15	12	133.71
16	12	128.92
17	12	110.38
18	12	104.25
19	12	140.54
20	12	114.92
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 17 de estadísticos de prueba, el valor del estadístico Chi-cuadrado fue de 37.950, con 19 grados de libertad, y una significancia asintótica $p = 0.006$. Dado que este valor de p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos a los 60 DDG. Por lo tanto, se concluye que los tratamientos tuvieron un efecto significativo sobre el desarrollo del diámetro del tallo en esta etapa del crecimiento (figura 18).

Tabla 17.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (60 DDG) por tratamientos

	DiamT
Chi-cuadrado	37.950
gl	19
Sig. asintótica	.006* *

a. Prueba de Kruskal-Wallis

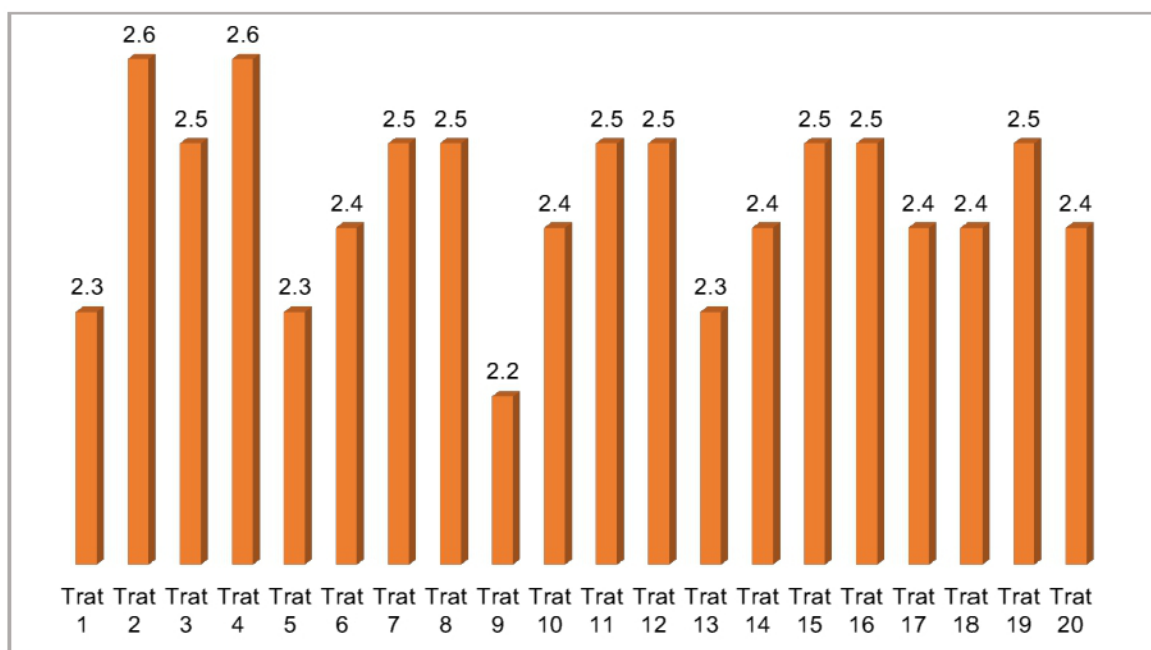
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 18.

Comparación del diámetro del tallo promedio entre los tratamientos 60 DDG



Fuente: La autora.

4.2. Largo de la hoja

4.2.1. 20 DDG Largo de la hoja

En la tabla 18 para el largo de hoja a los 20 DDG, en la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al largo de hoja a los 20 DDG, los rangos promedio muestra que la repetición uno presentó el mayor rango promedio (140.25), la repetición dos (121.03) y la repetición tres (98.45). Estas diferencias entre rangos sugieren que existe variabilidad en la distribución del largo de hoja entre las repeticiones (Figura 19).

Tabla 18.

Resumen de los rangos promedio por las repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	140.25
2	80	121.03
3	79	98.45
Total	239	

Fuente: La autora.

En la tabla 19, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al largo de la hoja a los 20 días después de la germinación (DDG) mostraron un valor de chi-cuadrado de 14.558 con dos grados de libertad y una significancia asintótica de 0.001 ($p \leq 0.01$), lo que indica diferencias altamente significativas entre los grupos de pertenencia.

Tabla 19.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (20 DDG) en las repeticiones

	LargoH
Chi-cuadrado	14.558
gl	2
Sig. asintótica	.001**

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

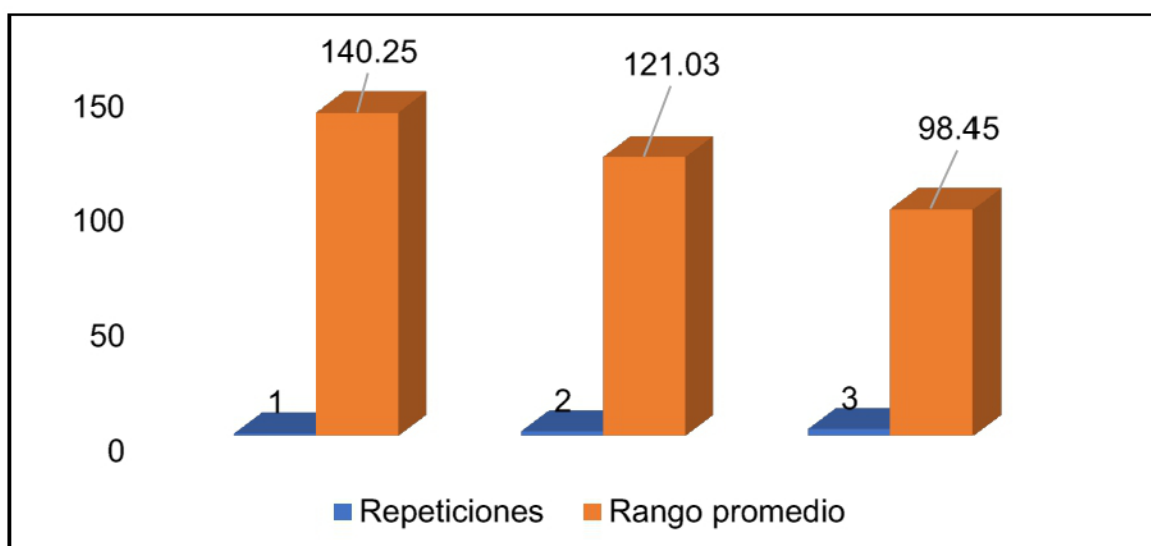
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

***Altamente significativa*

Fuente: La autora.

Figura 19.

Comparación del largo de la hoja entre las repeticiones 20 DDG



Fuente: La autora.

En la tabla 20, el análisis no paramétrico los resultados muestran que los tratamientos con los rangos promedio más altos fueron el tratamiento 13 (T13) (171.04) y tratamiento uno (T1) (159.92). Los tratamientos que mostraron los

rangos promedio más bajos fueron el Tratamiento seis (T6) (75.54), tratamiento 19 (T19) (81.08) y tratamiento 12 (12) (84.79), reflejando un menor desarrollo del largo de la hoja.

Tabla 20.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	159.92
2	12	154.71
3	12	110.71
4	12	98.13
5	12	129.42
6	12	75.54
7	12	140.29
8	12	95.33
9	12	120.17
10	12	130.63
11	12	121.46
12	12	84.79
13	12	171.04
14	12	110.54
15	12	146.50
16	12	159.29
17	12	123.58
18	12	103.17
19	12	81.08
20	12	93.71
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 21, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al largo de la hoja a los 20 días después de la germinación (DDG) mostraron un valor de chi-cuadrado de 37.947 con 19 grados de libertad y una significancia asintótica de 0.006 ($p \leq 0.01$), lo que indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Este resultado evidencia que los tratamientos influyeron de manera significativa en el largo de la hoja a los 20 DDG, presentando un comportamiento diferenciado entre los grupos de pertenencia (Figura 20).

Tabla 21.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro del tallo (20 DDG) por tratamientos

	LargoH
Chi-cuadrado	37.947
gl	19
Sig. asintótica	.006* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

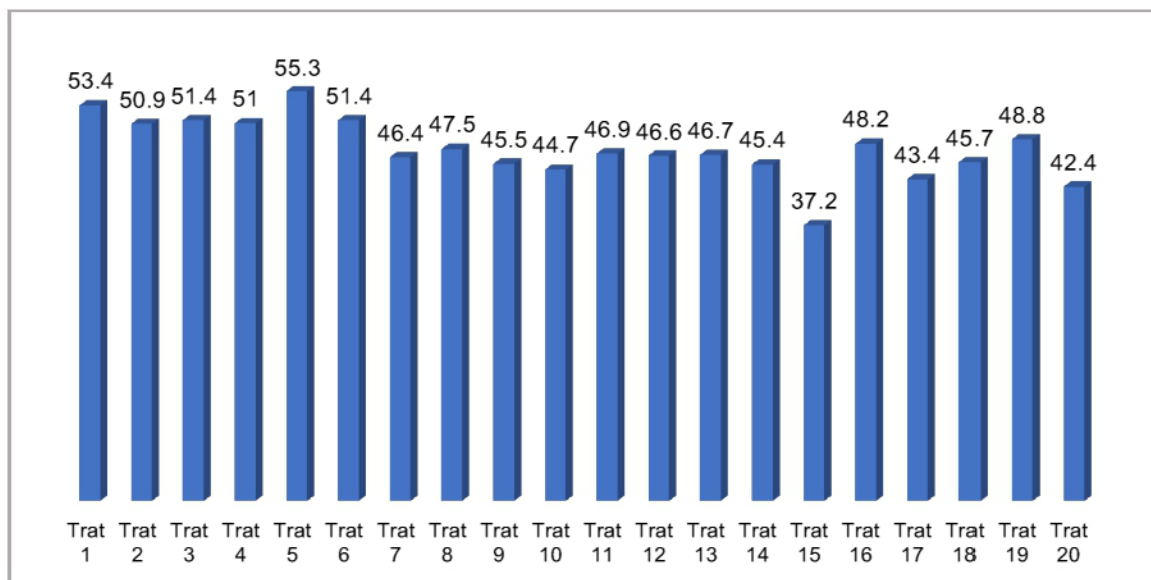
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

** *Altamente significativa*

Fuente: La autora.

Figura 20.

Comparación del largo de la hoja promedio entre los tratamientos 20 DDG



Fuente: La autora.

4.2.2. 40 DDG Largo de la hoja

En la tabla 22 los resultados de la prueba Shapiro-Wilk para las repeticiones del largo de hoja a los 40 DDG muestran que las repeticiones uno (126.33) y dos (108.68) presentan valores de significancia $p \leq 0.05$, indicando que no cumplen con el supuesto de normalidad. Por otro lado, la repetición tres (125.05) tiene un valor de $p = 0.050$, ligeramente superior al umbral, lo que sugiere que sí presenta distribución normal. En consecuencia, como al menos una repetición incumple la normalidad, se rechaza la hipótesis nula (H_0) para el conjunto de repeticiones y se concluye que el largo de hoja a los 40 DDG no presenta distribución normal en todas las repeticiones.

Tabla 22.*Resumen de los rangos promedio por las repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	126.33
2	80	108.68
3	79	125.05
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 23 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, aplicada para determinar si existen diferencias significativas en el largo de la hoja a los 20 días después de la germinación (DDG) entre las repeticiones evaluadas. El análisis arrojó un valor de Chi-cuadrado de 3.243 con dos grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.198. Dado que este valor de significancia es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en relación con el largo de la hoja a los 20 DDG. Esto indica que el comportamiento del largo de la hoja fue similar entre los grupos evaluados, por lo que las repeticiones no influyeron de manera significativa en esta variable durante el periodo analizado.

Tabla 23.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (20 DDG) en las repeticiones

	LargoH
Chi-cuadrado	3.243
gl	2
Sig. asintótica	.198 NS

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

La tabla 24 para los tratamientos del largo de hoja a los 40 DDG muestra que la mayoría de los tratamientos presentan valores de significancia mayores a 0.05, indicando que cumplen con el supuesto de normalidad. Sin embargo, el tratamiento 12 obtuvo un valor de $p = 0.049$ ($p \leq 0.05$), lo que indica que no presenta distribución normal. En consecuencia, como al menos un tratamiento incumple la normalidad, se rechaza la hipótesis nula (H_0) para el conjunto de tratamientos y se concluye que el largo de hoja a los 40 DDG no presenta distribución normal en todos los tratamientos.

Tabla 24.
Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	120.88
2	12	106.08
3	12	90.00
4	12	129.63
5	12	116.88
6	12	110.42
7	12	137.92
8	12	108.17
9	12	88.29
10	12	118.25
11	12	124.75
12	12	157.63
13	12	129.29
14	12	156.83
15	12	108.25
16	12	130.42
17	12	133.00
18	12	103.67
19	12	113.50
20	12	126.17
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 25, el análisis mostró un valor de Chi-cuadrado de 15.957 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.660. Debido a que el valor de significancia es mayor que 0.05, se establece que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con el largo de la hoja a los 40 DDG.

Tabla 25.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (40 DDG) en los tratamientos

LargoH	
Chi-cuadrado	15.957
gl	19
Sig. asintótica	.660 NS

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.2.3. 60 DDG Largo de la hoja

La tabla 26 presenta el resumen de los rangos promedio del largo de la hoja a los 60 días después de la germinación (DDG) según las repeticiones evaluadas. Los resultados muestran que la repetición uno obtuvo el mayor rango promedio (146.20), seguida de la repetición dos con 131.00, mientras que la repetición tres presentó el menor rango promedio (84.30).

Tabla 26.
Resumen de los rangos promedio por las repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	146.20
2	80	131.00
3	80	84.30
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 27 de estadísticos de prueba, el valor del estadístico Chi-cuadrado fue de 34.673, con dos grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.000$, lo que es menor que 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en el largo de la hoja entre las repeticiones a los 60 DDG, indicando que el efecto de las repeticiones influyó de manera significativa en esta variable (Figura 21).

Tabla 27.
Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (60 DDG) en las repeticiones

	LargoH
Chi-cuadrado	34.673
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

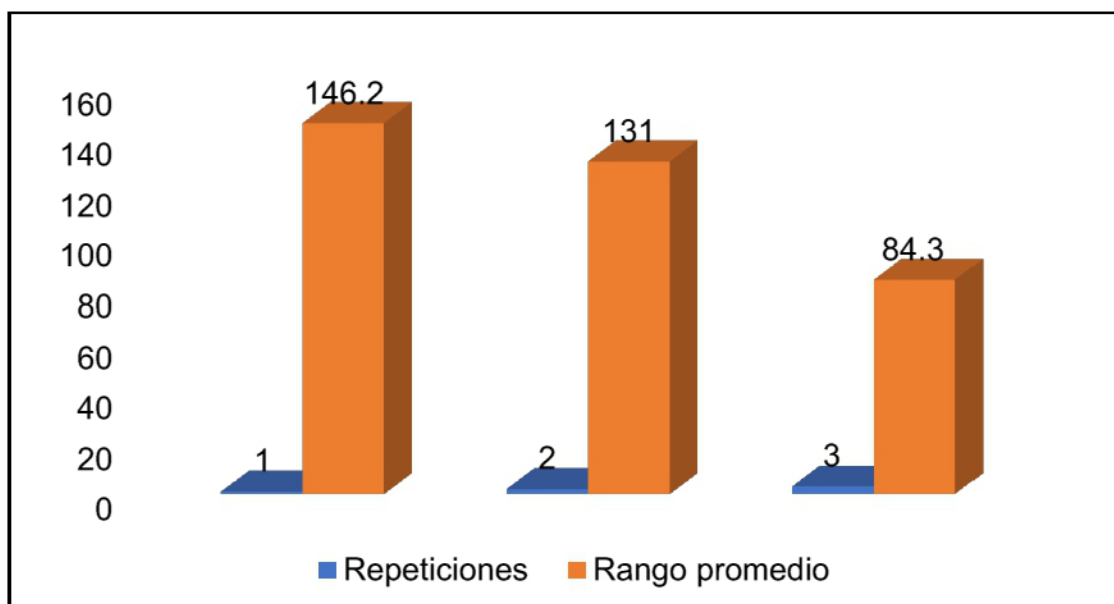
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 21.

Comparación del largo de la hoja promedio entre las repeticiones 60 DDG



Fuente: La Autora.

La tabla 28 presenta los rangos promedio del largo de la hoja a los 60 días después de la germinación (DDG), el tratamiento uno presentó el mayor rango promedio (166.38), seguido por el tratamiento seis (155.17) y el tratamiento dos (152.38), lo que indica que estos tratamientos tienden a presentar mayores valores en el largo de la hoja. En contraste, el tratamiento 16 registró el menor rango promedio (73.25), seguido del tratamiento 17 (84.25) y el tratamiento 11 (95.29), evidenciando valores relativamente menores para esta variable.

Tabla 28.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (60 DDG) por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	166.38
2	12	152.38
3	12	135.33
4	12	124.71
5	12	129.33
6	12	155.17
7	12	112.29
8	12	108.58
9	12	98.63
10	12	108.75
11	12	95.29
12	12	121.00
13	12	134.75
14	12	111.21
15	12	125.38
16	12	73.25
17	12	84.25
18	12	125.08
19	12	147.92
20	12	100.33
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 29 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, un valor de Chi-cuadrado de 27.836 con 19 grados de libertad (gl) y una

significancia asintótica de 0.087. Debido a que este valor de significancia es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con el largo de la hoja a los 60 DDG.

Tabla 29.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (60 DDG) en los tratamientos

	LargoH
Chi-cuadrado	27.836
gl	19
Sig. asintótica	.087 NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.3. Ancho de la hoja

4.3.1. 20 DDG ancho de la hoja

La tabla 30, en la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al ancho de la hoja a los 20 DDG en las repeticiones, la tabla de rangos promedio muestra que la repetición uno presentó el mayor rango promedio (164.52), seguida de la repetición dos (109.08) y la repetición tres (85.97). Estas diferencias en los rangos promedio evidencian variabilidad en la distribución del ancho de la hoja entre las repeticiones.

Tabla 30.*Resumen de los rangos promedio por las repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	164.52
2	80	109.08
3	79	85.97
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 31, en cuanto a los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue 54.564 con dos grados de libertad y una significancia asintótica de 0.000 ($p \leq 0.05$), lo que indica que existen diferencias altamente significativas entre las repeticiones para el ancho de la hoja a los 20 DDG (Figura 22).

Tabla 31.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja (20 DDG) en las repeticiones*

	AnchoH
Chi-cuadrado	54.564
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

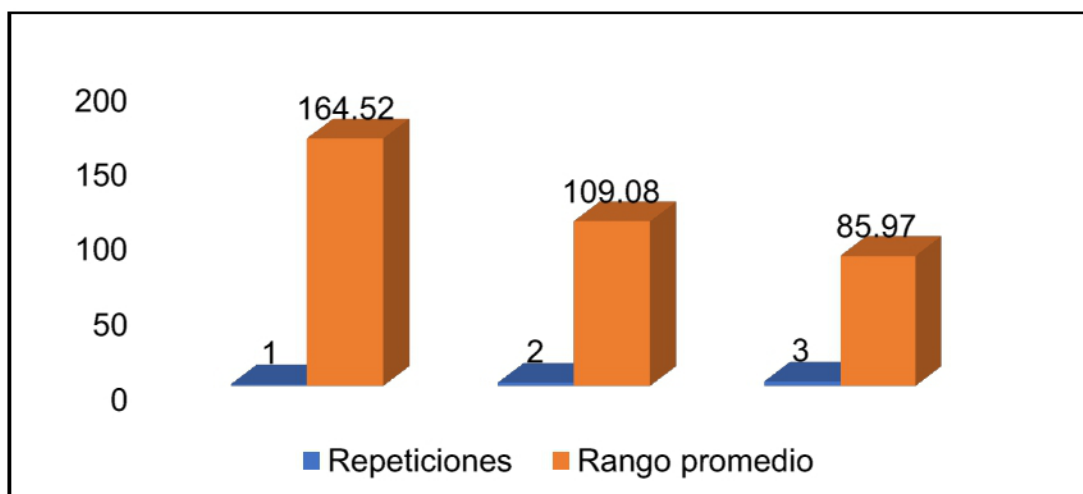
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 22.

Comparación del ancho de la hoja promedio entre las repeticiones 20 DDG



Fuente: La autora.

La tabla 32, en la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al ancho de la hoja a los 20 DDG por tratamientos de rangos promedio, T16 presentó el mayor rango promedio (163.67) y T7 (156.96). El T17 registró el menor rango promedio.

Tabla 32.

Resumen de los rangos promedio por los tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	96.54
2	12	125.83
3	12	91.42
4	12	135.13
5	12	128.17
6	12	79.83
7	12	156.96
8	12	128.33

Continuará...

.....Continuación		
9	12	79.71
10	12	135.46
11	12	127.33
12	12	156.54
13	12	100.04
14	12	128.71
15	12	136.38
16	12	163.67
17	12	63.75
18	12	121.63
19	12	127.75
20	12	126.83
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 33, en cuanto a los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue 34.814 con 19 grados de libertad y una significancia asintótica de 0.015 ($p \leq 0.05$), lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el ancho de la hoja a los 20 DDG (Figura 23).

Tabla 33.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el ancho de la hoja (20 DDG) en los tratamientos

AnchoH	
Chi-cuadrado	34.814
gl	19
Sig. asintótica	.015* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

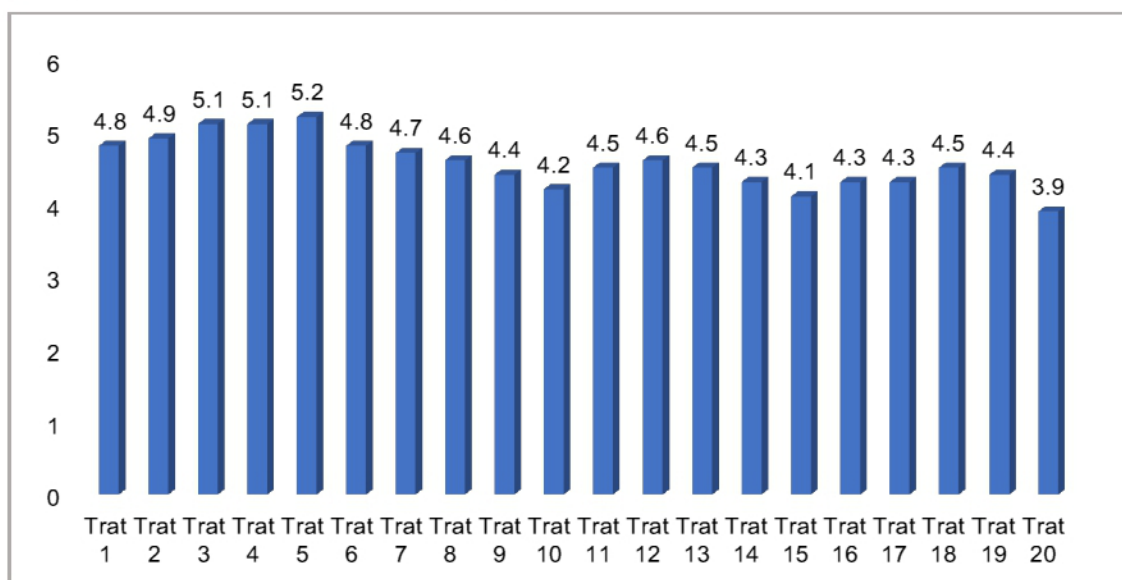
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 23.

Comparación del ancho de la hoja promedio entre los tratamientos 20 DDG



Fuente: La autora.

4.3.2. 40 DDG ancho de la hoja

En la tabla 34, se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja a los 40 DDG considerando las repeticiones. En la tabla de rangos se observa que la repetición uno presentó un rango promedio de 128.29, la repetición dos de 127.62 y la repetición tres de 103.89. Estas diferencias indican cierta variabilidad entre las repeticiones, siendo la repetición tres la que registró el menor valor promedio.

Tabla 34.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	128.29
2	80	127.62
3	79	103.89
Total	239	

Fuente: La autora.

En la tabla 35 de estadísticos de prueba, el valor del Chi-cuadrado fue de 6.447 con dos grados de libertad, y la significancia asintótica ($p = 0.040$) es menor a 0.05. Esto permite concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en el largo de la hoja a los 40 DDG, lo que sugiere que las repeticiones influyeron de manera significativa en esta variable (Figura 24).

Tabla 35.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el ancho de la hoja (40 DDG) en las repeticiones

AnchoH	
Chi-cuadrado	6.447
gl	2
Sig. asintótica	.040* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

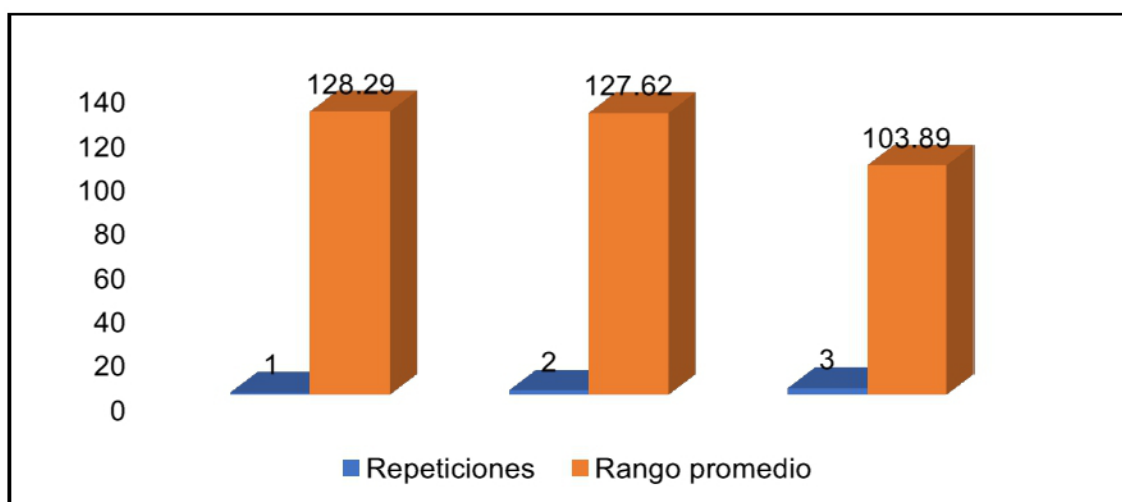
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 24.

Comparación del ancho de la hoja promedio entre las repeticiones 40 DDG



Fuente: La autora.

En la tabla 36 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja a los 20 DDG considerando los tratamientos. En la tabla de rangos se observa que los tratamientos presentan rangos promedio variados,

siendo T12 (150.75) y T19 (150.54) los que muestran los valores más altos, mientras que el T9 (69.13) registran los valores más bajo.

Tabla 36.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	74.46
2	12	96.17
3	12	149.71
4	12	80.58
5	12	120.96
6	12	106.83
7	12	97.29
8	12	117.33
9	12	69.13
10	12	147.50
11	12	151.13
12	12	150.75
13	12	144.83
14	12	119.00
15	12	119.00
16	12	143.21
17	12	142.17
18	12	82.63
19	12	150.54
20	12	146.79
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 37 de estadísticos de prueba, el Chi-cuadrado resultó ser 39.347 con 19 grados de libertad, y la significancia asintótica ($p = 0.004$) es menor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y si existen diferencias estadísticamente significativas en el largo de la hoja entre los 40 tratamientos, indicando que el tratamiento aplicado influyó de manera significativa en esta variable (Figura 25).

Tabla 37.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el ancho de la hoja (40 DDG) en las tratamientos.

	AnchoH
Chi-cuadrado	39.347
gl	19
Sig. asintótica	.004* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

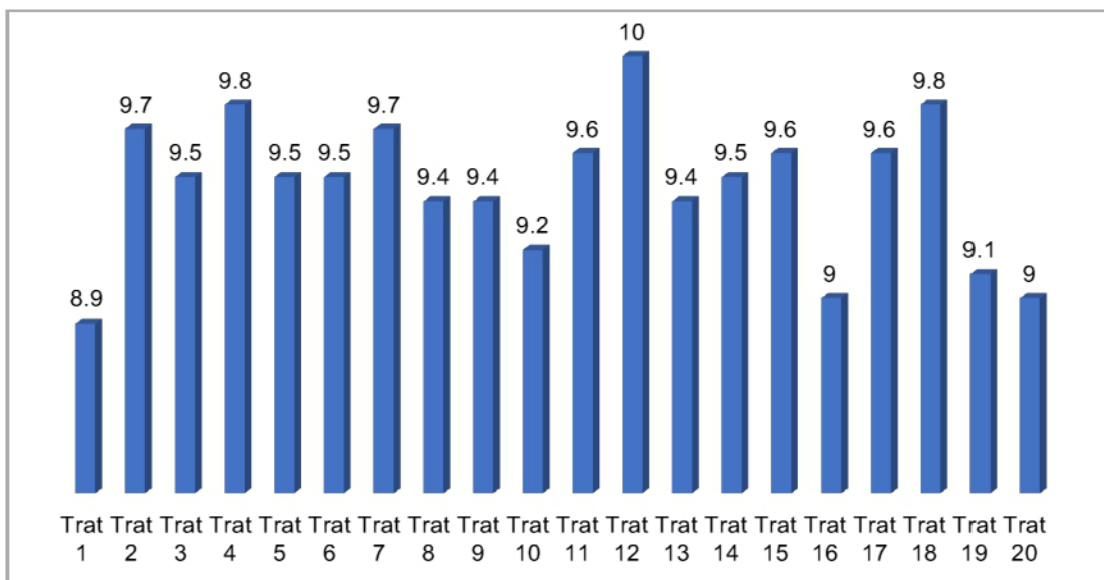
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 25.

Comparación del ancho de la hoja promedio entre los tratamientos 40 DDG



Fuente: La autora.

4.3.3. 60 DDG ancho de la hoja

En la tabla 38, que presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja a los 60 DDG considerando las repeticiones, se observa en la tabla de rangos que la repetición uno presenta el mayor rango promedio (137.16), seguida de la repetición dos (118.71) y la repetición tres (105.63). Estas diferencias reflejan variaciones en el comportamiento del largo de la hoja entre las repeticiones del experimento.

Tabla 38.*Resumen de los rangos promedio por repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	137.16
2	80	118.71
3	80	105.63
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 39 de estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue de 8.426 con dos grados de libertad y una significancia asintótica de 0.015. Dado que este valor de p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en el largo de la hoja entre las repeticiones a los 60 DDG (Figura 26).

Tabla 39.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el ancho de la hoja (60 DDG) en las repeticiones*

	AnchoH
Chi-cuadrado	8.426
gl	2
Sig. asintótica	.015* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

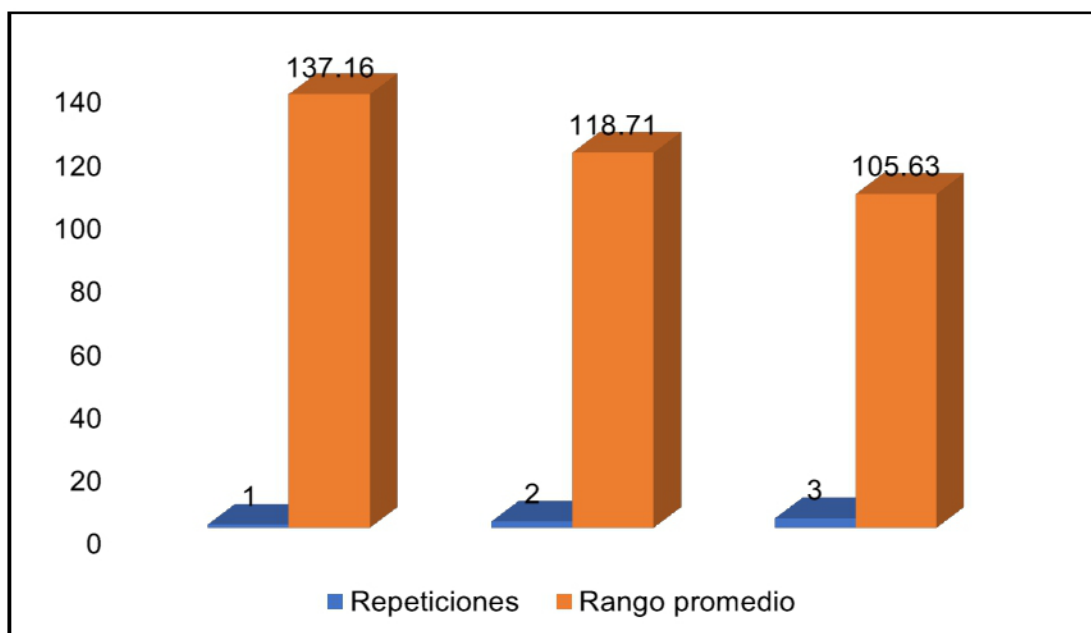
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 26.

Comparación del ancho de la hoja promedio entre las repeticiones 60 DDG



Fuente: La autora.

La tabla 40 presenta el resumen de los rangos promedio del ancho de la hoja a los 60 días después de la germinación (DDG) el tratamiento 16 registró el mayor rango promedio (162.54), lo que sugiere que en este tratamiento se observaron valores más altos en el ancho de la hoja. Le siguen el tratamiento cuatro (144.21) y el tratamiento ocho (139.33), los cuales también presentan valores relativamente elevados en esta variable. Por otro lado, los tratamientos 14 (79.25) y 13 (96.92) mostraron los rangos promedio más bajos, lo que indica que en estos tratamientos el ancho de la hoja tendió a ser menor en comparación con los demás.

Tabla 40.*Resumen de los rangos promedio por repeticiones por tratamientos*

Trat	N	Rango promedio
1	12	117.71
2	12	106.79
3	12	138.46
4	12	144.21
5	12	98.21
6	12	111.71
7	12	123.29
8	12	139.33
9	12	135.71
10	12	130.42
11	12	120.50
12	12	132.13
13	12	96.92
14	12	79.25
15	12	136.42
16	12	162.54
17	12	101.50
18	12	120.71
19	12	110.04
20	12	104.17
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 41 presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el análisis estadístico mostró un valor de Chi-cuadrado de 18.874 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.465. Debido a que el valor de significancia es mayor que el nivel establecido de 0.05 ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con el ancho de la hoja a los 60 DDG.

Tabla 41.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el ancho de la hoja (60 DDG) en los tratamientos

	AnchoH
Chi-cuadrado	18.874
gl	19
Sig. asintótica	.465

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.4. Superficie foliar

4.4.1. 20 DDG superficie foliar

En la tabla 42, para la superficie foliar a los 20 DDG, los resultados de la prueba aplicados a las repeticiones. En la tabla de rangos, se observa que la repetición uno presentó el mayor rango promedio (159.22), la repetición dos

(111.75) y la repetición tres (88.64). Estas diferencias entre rangos sugieren variabilidad en la superficie foliar entre las repeticiones.

Tabla 42.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	159.22
2	80	111.75
3	79	88.64
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 43 en los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue de 43.136, con dos grados de libertad, y una significancia asintótica de $p = 0.000$. Dado que este valor es menor que 0.05, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la superficie foliar entre las repeticiones a los 20 DDG. Esto evidencia que la repetición del experimento influyó de manera significativa en el comportamiento de la variable superficie foliar (Figura 26).

Tabla 43.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (20 DDG) en las repeticiones

SuprF	
Chi-cuadrado	43.136
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

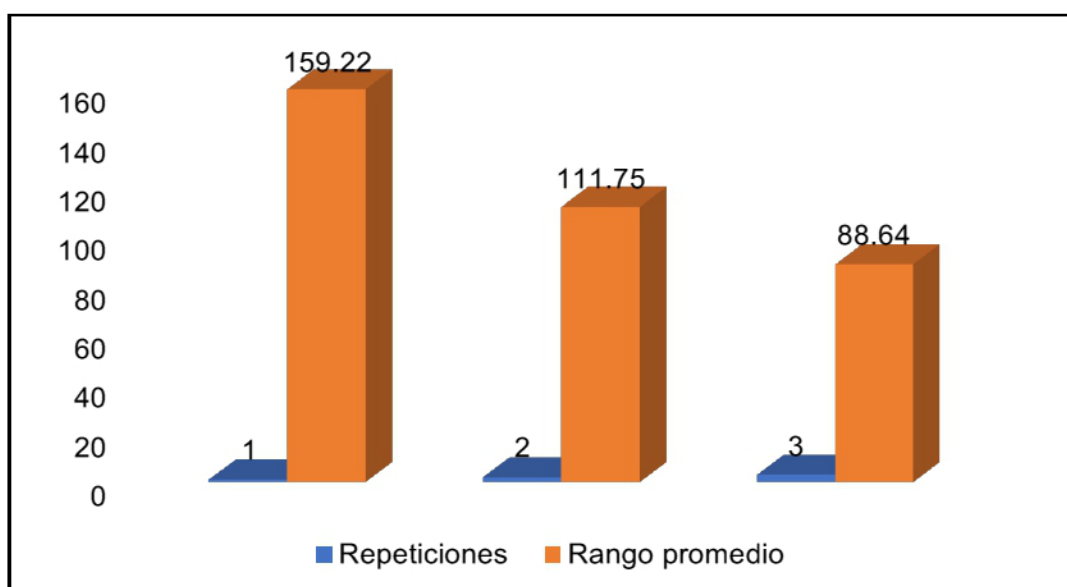
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 27.

Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 20 DDG



Fuente: La autora.

La tabla 44 presenta el resumen de los rangos promedio de la superficie foliar a los 20 días después de la germinación (DDG) según los tratamientos

evaluados, el tratamiento 16 registró el mayor rango promedio (167.63), seguido por el tratamiento siete (155.63) y el tratamiento 15 (141.04), lo que indica que estos tratamientos presentaron valores relativamente mayores en la superficie foliar. Por el contrario, el tratamiento 6 presentó el menor rango promedio (70.38), seguido del tratamiento 17 (82.08) y el tratamiento 9 (96.17), lo que sugiere valores más bajos de superficie foliar en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 44.

Resumen de los rangos promedio por tratamiento

Trat	N	Rango promedio
1	12	122.46
2	12	140.13
3	12	99.33
4	12	110.25
5	12	135.75
6	12	70.38
7	12	155.63
8	12	109.63
9	12	96.17
10	12	137.38
11	12	128.79
12	12	124.42
13	12	135.17
14	12	116.29
15	12	141.04
16	12	167.63
17	12	82.08

Continuará...

...Continuación		
18	12	118.79
19	12	107.33
20	12	111.38
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 45, el análisis arrojó un valor de Chi-cuadrado de 26.418 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.119. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con la superficie foliar a los 20 DDG.

Tabla 45.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (20 DDG) por tratamiento

SuprF	
Chi-cuadrado	26.418
gl	19
Sig. asintótica	.119NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.4.2. 40 DDG Superficie foliar

La tabla 46 presenta el resumen de los rangos promedio de la superficie foliar a los 40 días después de la germinación (DDG) según las repeticiones evaluadas, la repetición uno obtuvo el mayor rango promedio (130.53), seguida de la repetición dos con 118.73, mientras que la repetición tres presentó el menor rango promedio (110.63). Esto indica que, en términos generales, los valores de la superficie foliar tienden a ser ligeramente mayores en la repetición uno en comparación con las otras repeticiones.

Tabla 46.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	130.53
2	80	118.73
3	79	110.63
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 47 el análisis mostró un valor de Chi-cuadrado de 3.333 con dos grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.189. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en relación con la superficie foliar a los 40 DDG.

Tabla 47.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (40 DDG) en las repeticiones

SuprF	
Chi-cuadrado	3.333
gl	2
Sig. asintótica	.189NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

En la tabla 48 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la superficie foliar a los 40 DDG, los rangos promedio entre los tratamientos. Los valores más altos corresponden al tratamiento 12 (167.38), seguido de los tratamientos 11 (146.00) y 16 (145.58), Por el contrario, los tratamientos T9 (68.83) y T1 (77.08) presentan los rangos promedio más bajos, lo que evidencia diferencias en el comportamiento de la superficie foliar entre los distintos tratamientos.

Tabla 48.

Resumen de los rangos promedio por tratamiento

Trat	N	Rango promedio
1	12	77.08
2	12	99.88
3	12	115.33
Continuará...		

...Continuación

4	12	100.38
5	12	116.96
6	12	103.00
7	12	114.42
8	12	113.83
9	12	68.83
10	12	140.58
11	12	146.00
12	12	167.38
13	12	137.50
14	12	140.33
15	12	115.67
16	12	145.58
17	12	141.00
18	12	89.54
19	12	137.21
20	12	139.50
Total	240	

Fuente: La autora.

En la tabla 49, en relación con los estadísticos de prueba, el valor del estadístico Chi-cuadrado fue de 30.913, con 19 grados de libertad, y una significancia asintótica de $p = .041$. Dado que este valor de p es menor a 0.05, se si existen diferencias estadísticamente significativas en la superficie foliar entre los tratamientos a los 40 DDG, indicando que los tratamientos influyeron de manera significativa en esta variable (Figura 28).

Tabla 49.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (40 DDG) en los tratamientos

SuprF	
Chi-cuadrado	30.913
gl	19
Sig. asintótica	.041* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

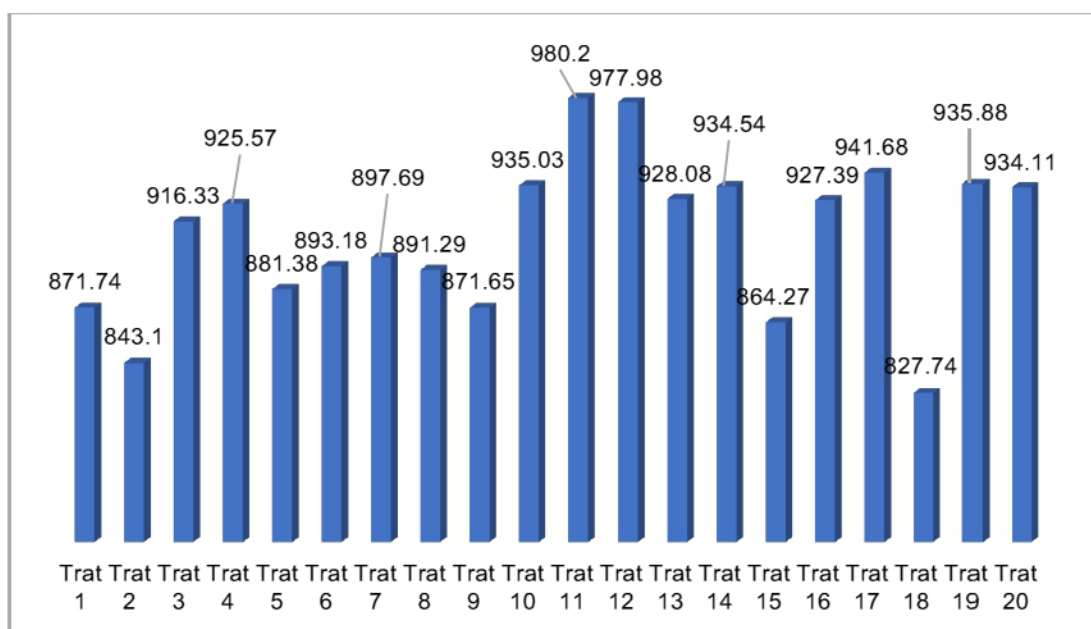
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 28.

Comparación de la superficie foliar promedio de los tratamientos 40 DDG



Fuente: La autora.

4.4.3. 60 DD Superficie foliar

En la tabla 50, se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la superficie foliar a los 60 DDG, considerando las repeticiones de rangos, se observa que la repetición uno presentó el mayor rango promedio (146.05), seguida de la repetición dos (123.18), mientras que la repetición tres registró el menor rango promedio (92.27).

Tabla 50.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	146.05
2	80	123.18
3	80	92.27
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 51 de estadísticos de prueba, el valor del estadístico Chi-cuadrado fue de 24.185, con dos grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.000$, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la superficie foliar entre las repeticiones a los 60 DDG, lo que evidencia que las repeticiones influyeron de manera significativa en el comportamiento de esta variable (Figura 29).

Tabla 51.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (60 DDG) por repeticiones

SuprF	
Chi-cuadrado	24.185
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

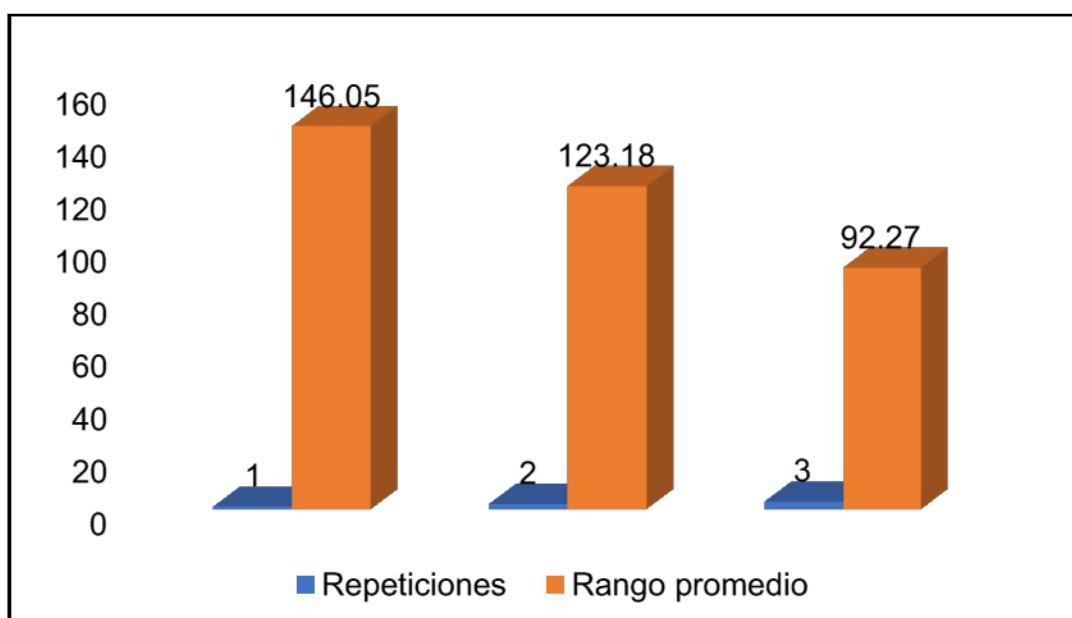
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 29.

Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 60 DDG



Fuente: La autora.

La tabla 52 presenta el resumen de los rangos promedio de la superficie foliar a los 60 días después de la germinación (DDG) según los tratamientos evaluados, el tratamiento 16 presentó el mayor rango promedio (151.00), seguido del tratamiento cuatro (148.25) y el tratamiento ocho (138.46), lo que indica que estos tratamientos tendieron a registrar mayores valores de superficie foliar en comparación con los demás. Por otro lado, el tratamiento 14 presentó el menor rango promedio (75.75), seguido del tratamiento 17 (88.13) y el tratamiento 20 (95.50), lo que sugiere que estos tratamientos registraron valores relativamente más bajos de superficie foliar.

Tabla 52.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	133.08
2	12	122.63
3	12	136.92
4	12	148.25
5	12	104.75
6	12	116.42
7	12	116.92
8	12	138.46
9	12	126.88
10	12	126.33

Continuará...

...Continuación

11	12	109.92
12	12	131.54
13	12	104.33
14	12	75.75
15	12	135.58
16	12	151.00
17	12	88.13
18	12	124.54
19	12	123.08
20	12	95.50
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 53 presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el análisis estadístico arrojó un valor de Chi-cuadrado de 17.999 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.523. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con la superficie foliar a los 60 DDG.

Tabla 53.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (60 DDG) por tratamientos

	SuprF
Chi-cuadrado	17.999
gl	19
Sig. asintótica	.523NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.5. Altura de la planta

4.5.1. 20 DDG Altura de la planta

En la tabla 54 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la altura de la planta a los 20 DDG, la repetición uno presentó el mayor rango promedio (142.99), seguida de la repetición dos (114.68) y la repetición tres (102.11), lo que evidencia que no hay diferencias en el comportamiento de la variable entre las repeticiones evaluadas.

Tabla 54.*Resumen de los rangos promedio por repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	142.99
2	80	114.68
3	79	102.11
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 55, en cuanto a los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue de 14.617, con dos grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.001$, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta entre las repeticiones a los 20 DDG (Figura 30).

Tabla 55.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (20 DDG) por repeticiones*

	Altura
Chi-cuadrado	14.617
gl	2
Sig. asintótica	.001**

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

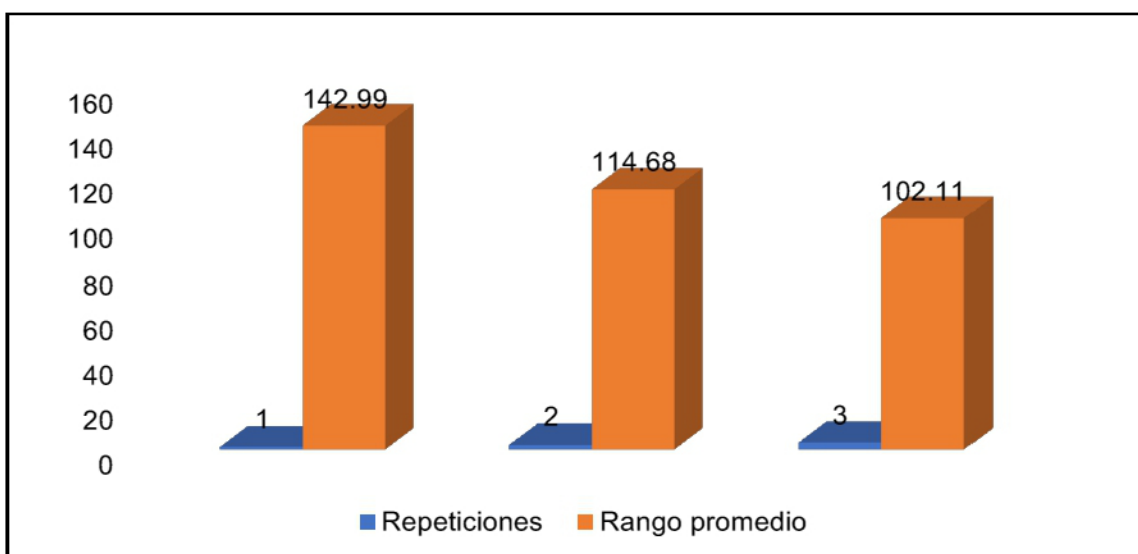
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

**Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 30.

Comparación de la superficie foliar promedio entre las repeticiones 20 DDG



Fuente: La autora.

La tabla 56 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la altura de la planta a los 20 DDG, considerando los rangos promedio se observa una variabilidad marcada entre los tratamientos, destacándose el tratamiento uno con el mayor rango promedio T1 (189.63), T15 (159.71) y T5 (146.58). En contraste, T8 (62.92), T16 (68.96) y T14 (78.13) presentaron los rangos promedio más bajos.

Tabla 56.

Resumen de los rangos promedio por tratamientos

Trat	N	Rango promedio
1	12	189.63
2	12	117.46
3	12	135.79

Continuará...

...Continuación

4	12	120.96
5	12	146.58
6	12	130.71
7	12	119.29
8	12	62.92
9	12	144.67
10	12	135.63
11	12	103.33
12	12	127.38
13	12	117.58
14	12	78.13
15	12	159.71
16	12	68.96
17	12	140.50
18	12	126.79
19	12	77.71
20	12	106.29
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 57, respecto a los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue de 46.687, con 19 grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.000.$, es decir que existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta entre los tratamientos a los 20 DDG (Figura 31).

Tabla 57.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (20 DDG) por tratamiento

	Altura
Chi-cuadrado	46.687
gl	19
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

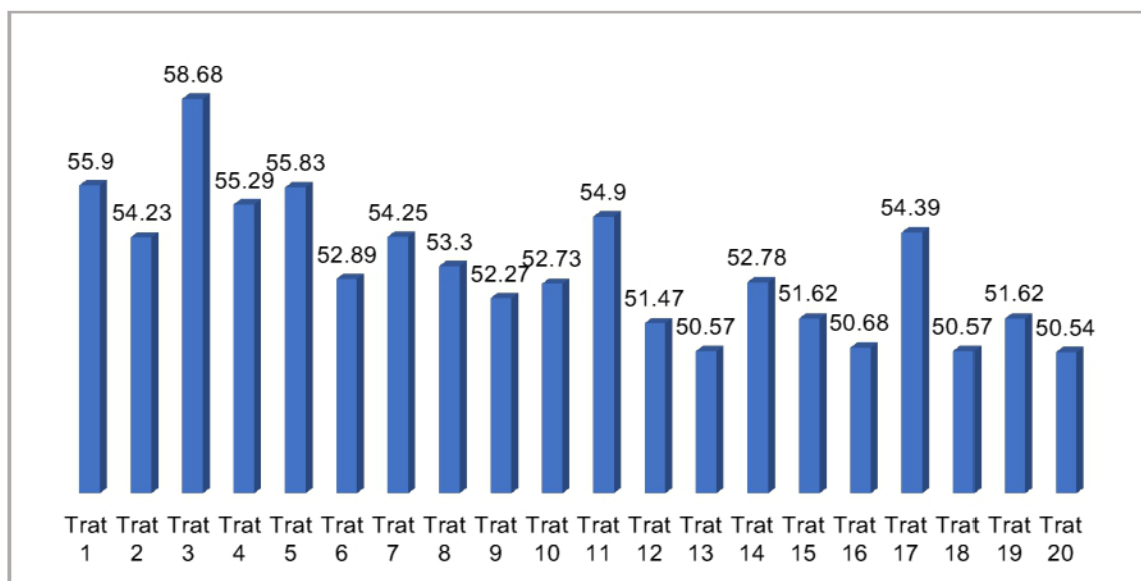
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* *Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 31.

Comparación de la altura de la plantar promedio entre los tratamientos 20 DDG



Fuente: La autora.

4.5.2. 40 DDG Altura de la planta

La tabla 58 presenta el resumen de los rangos promedio de la altura de la planta a los 40 días después de la germinación (DDG) según las repeticiones evaluadas, la repetición tres obtuvo el mayor rango promedio (125.77), seguida de la repetición dos con 119.38, mientras que la repetición uno presentó el menor rango promedio (114.92). Esto indica que, en términos generales, los valores de altura de la planta tienden a ser ligeramente mayores en la repetición tres en comparación con las demás.

Tabla 58.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	80	114.92
2	80	119.38
3	79	125.77
Total	239	

Fuente: La autora.

La tabla 59 presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el análisis estadístico mostró un valor de Chi-cuadrado de 0.992 con dos grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.609. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en relación con la altura de la planta a los 40 DDG

Tabla 59.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (40 DDG) por repeticiones

	Altura
Chi-cuadrado	.992
gl	2
Sig. asintótica	.609NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

La tabla 60 presenta los rangos promedio de la altura de la planta a los 40 días después de la germinación (DDG) según los tratamientos evaluados, el tratamiento 18 presentó el mayor rango promedio (178.04), seguido del tratamiento uno (155.21) y el tratamiento ocho (145.75), lo que indica que estos tratamientos tendieron a registrar mayores valores en la altura de la planta. Por otro lado, el tratamiento cinco presentó el menor rango promedio (60.71), seguido del tratamiento 14 (95.29) y el tratamiento 17 (96.54), lo que sugiere que estos tratamientos presentaron valores relativamente menores en la altura de la planta.

Tabla 60.*Resumen de los rangos promedio por tratamientos*

Trat	N	Rango promedio
1	12	155.21
2	12	117.21
3	12	104.67
4	12	123.63
5	12	60.71
6	12	123.08
7	12	137.42
8	12	145.75
9	12	135.04
10	12	103.04
11	12	108.50
12	12	130.46
13	12	139.58
14	12	95.29
15	12	121.13
16	12	106.92
17	12	96.54
18	12	178.04
19	12	109.71
20	12	118.08
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 61 presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el análisis estadístico arrojó un valor de Chi-cuadrado de 29.780 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.055. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con la altura de la planta a los 40 DDG.

Tabla 61.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (40 DDG) por tratamientos

	Altura
Chi-cuadrado	29.780
gl	19
Sig. asintótica	.055NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.5.3. 60 DDG Altura de la planta

En la tabla 62 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la altura de la planta a los 60 DDG, considerando las repeticiones los rangos se observa que la repetición uno registró el mayor rango promedio (162.03), seguida de la repetición dos (121.84), mientras que la repetición tres presentó el menor rango promedio (77.63).

Tabla 62.*Resumen de los rangos promedio por repeticiones*

Rep	N	Rango promedio
1	80	162.03
2	80	121.84
3	80	77.63
Total	240	

Fuente: La autora.

La tabla 63, en las diferencias en los rangos promedio evidencia una variabilidad marcada entre las repeticiones. En cuanto a los estadísticos de prueba, el valor del Chi-cuadrado fue de 59.383, con dos grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.000$. Dado que este valor es menor que 0.05, si existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta entre las repeticiones a los 60 DDG (figura 32).

Tabla 63.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (60 DDG) por repeticiones*

	Altura
Chi-cuadrado	59.383
gl	2
Sig. asintótica	.000* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

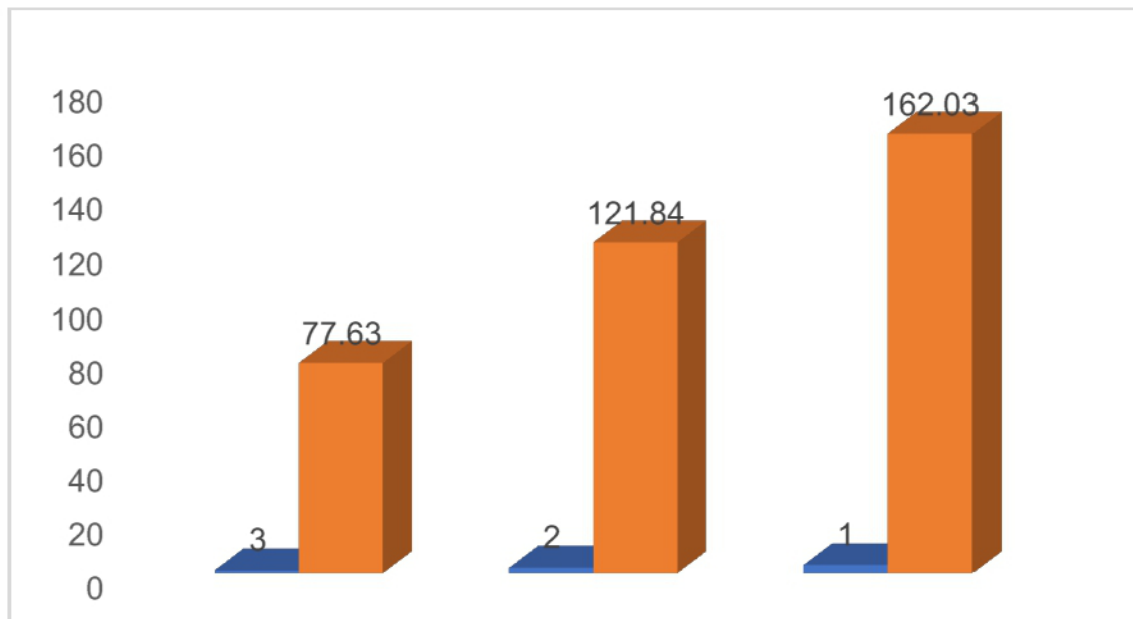
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* * Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 32.

Comparación de la altura de la planta promedio entre las repeticiones 60 DDG



Fuente: La autora.

En la tabla 64 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la altura de la planta a los 60 DDG, considerando los rangos se observa que el T16 presentó el mayor rango promedio (165.00), T20 (139.96) y T11 (139.13), mientras que los valores más bajos correspondieron a los T17 (55.46) y T1 (73.54). Estas diferencias en los rangos promedio sugieren variaciones en la respuesta de la altura de la planta entre los tratamientos.

Tabla 64.*Resumen de los rangos promedio por tratamientos*

Trat	N	Rango promedio
1	12	73.54
2	12	130.83
3	12	132.00
4	12	144.54
5	12	120.67
6	12	121.88
7	12	125.13
8	12	120.42
9	12	133.54
10	12	110.88
11	12	139.13
12	12	120.88
13	12	101.50
14	12	127.54
15	12	129.29
16	12	165.00
17	12	55.46
18	12	82.58
19	12	135.25
20	12	139.96
Total	240	

Fuente: La autora.

En tabla 65 los estadísticos de prueba, el valor de Chi-cuadrado fue de 30.952, con 19 grados de libertad y una significancia asintótica de $p = 0.041$. Dado que este valor es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta entre

los tratamientos a los 60 DDG, lo que evidencia que los tratamientos influyeron de manera significativa en el crecimiento de esta variable en esta etapa del desarrollo (Figura 33).

Tabla 65.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la superficie foliar (60 DDG) por tratamientos

	Altura
Chi-cuadrado	30.952
gl	19
Sig. asintótica	.041* *

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

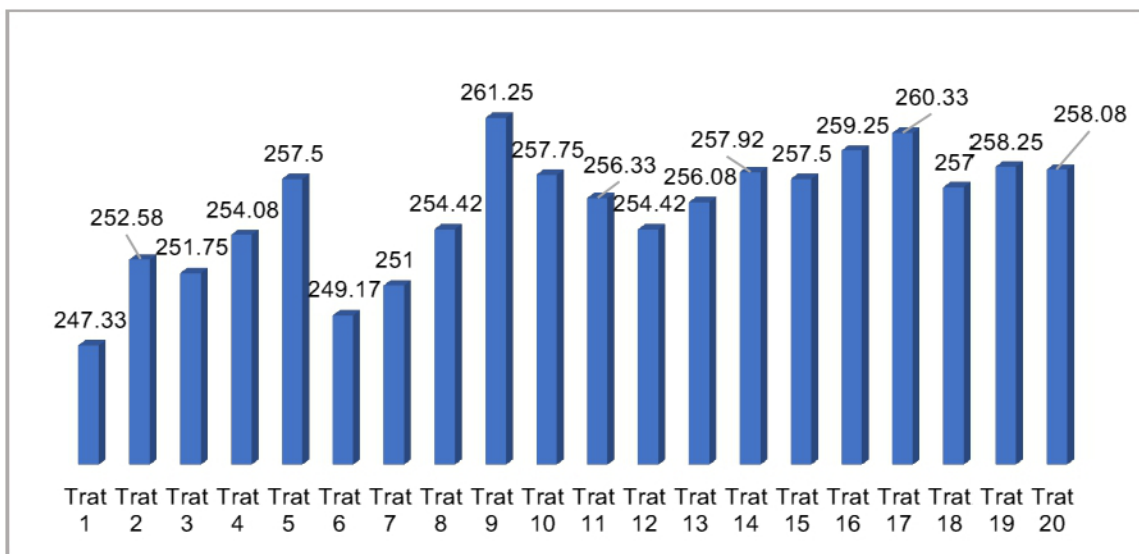
b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

* * Altamente significativa

Fuente: La autora.

Figura 33.

Comparación de la altura de la planta promedio entre los tratamientos 60 DDG



Fuente: La autora.

4.6. Biomasa Total

La tabla 66 presenta los rangos promedio de la biomasa total según las repeticiones evaluadas, la repetición uno presentó el mayor rango promedio (37.53), seguida de la repetición tres (28.40) y la repetición dos (25.58). Estos valores indican que, de manera descriptiva, la biomasa total tendió a ser ligeramente mayor en la repetición uno en comparación con las demás repeticiones.

Tabla 66.

Resumen de los rangos promedio por repeticiones

Rep	N	Rango promedio
1	20	37.53
2	20	25.58
3	20	28.40
Total	60	

Fuente: La autora.

La tabla 67 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el análisis estadístico arrojó un valor de Chi-cuadrado de 5.116 con dos grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.077. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones en relación con la biomasa total.

Tabla 67.*Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la Biomasa total por repeticiones*

BioT	
Chi-cuadrado	5.116
gl	2
Sig. asintótica	.077NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

Por tratamientos, el rango promedio más alto se observó en el tratamiento 14 (51.67), mientras que el más bajo correspondió al tratamiento 10 (11.67), lo que sugiere que, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas, ciertos tratamientos presentaron una biomasa superior de manera descriptiva

Tabla 68.*Resumen de los rangos promedio por tratamiento*

Trat	N	Rango promedio
1	3	34.33
2	3	27.00
3	3	26.50
4	3	38.33
5	3	37.67
6	3	15.67

Continuará...

...Continuación

7	3	31.00
8	3	34.50
9	3	24.00
10	3	11.67
11	3	18.67
12	3	46.00
13	3	29.33
14	3	51.67
15	3	32.17
16	3	31.17
17	3	12.33
18	3	38.67
19	3	37.67
20	3	31.67

Total	239	
--------------	------------	--

Fuente: La autora.

La tabla 69, el análisis estadístico mostró un valor de Chi-cuadrado de 20.374 con 19 grados de libertad (gl) y una significancia asintótica de 0.372. Debido a que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con la biomasa total.

Tabla 69.

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la Biomasa total por tratamiento

	BioT
Chi-cuadrado	20.374
gl	19
Sig. asintótica	.372NS

Nota:

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo de pertenencia

NS No significativa

Fuente: La autora.

4.7. Análisis de bromatología

En la tabla 70 y tabla 71, el análisis bromatológico evidenció variabilidad cuantitativa entre tratamientos en todos los componentes evaluados (Bromatología). La materia seca (MS) osciló entre 18.6 y 27.1 %, mientras que la fibra detergente ácida (FDA) varió de 24.5 a 36.6 %. Los valores más bajos de FDA se registraron en A2B4 (24.5 %), asociado con el mayor contenido de almidón (26 %) y los valores más elevados de total de nutrientes digestibles (TND, 72 %) y energía metabolizable (EM, 2.74 Mcal kg⁻¹). En contraste, A2B3 presentó la mayor lignina (5.5 %), el menor TND (54 %) y la EM más baja (2.06 Mcal kg⁻¹). El contenido de proteína cruda (PC) mostró menor variación relativa (10.8–13.2 %), manteniéndose en rangos adecuados para forrajes tropicales. Los minerales (P: 0.23–0.38 %; Ca: 0.20–0.47 %; Mg: 0.16–0.28 %) se situaron mayoritariamente dentro de niveles considerados nutricionalmente adecuados.

Las diferencias observadas en TND y EM estuvieron estrechamente asociadas con la variabilidad en FDA y lignina, confirmando la relación inversa entre fracción estructural y disponibilidad energética. El tratamiento A2B4 evidenció el mejor perfil nutricional debido a su menor fracción fibrosa y mayor concentración de carbohidratos no estructurales, lo que favorece la digestibilidad ruminal y la eficiencia energética. Por el contrario, el incremento de lignificación observado en A2B3 explica su menor valor energético, dado que la lignina limita la degradación de la pared celular y reduce la utilización de la fibra. La estabilidad en los niveles de proteína cruda sugiere que los tratamientos evaluados no comprometen el aporte nitrogenado, aunque las diferencias en energía podrían impactar la eficiencia de utilización proteica en dietas balanceadas. En conjunto, los resultados indican que la calidad nutricional estuvo determinada principalmente por la composición de la pared celular más que por la concentración proteica, resaltando la importancia de optimizar prácticas agronómicas que reduzcan la lignificación para mejorar el valor alimenticio del forraje (Demagnet y Canales, 2020).

Tabla 70.*Análisis de bromatología*

Tr	MS %	Humedad %	FDA %	Lignina %	Almidón %	TN D %	EM MCAL/K	% Cenizas	%Fosforo	%Calcio	%Magnasio	PC %
A1B1	27.1	72.9	26.5	2.8	23.3	70	2.68	5.24	0.29	0.25	0.16	10.8
A1B2	22.5	77.5	36.6	3.7	5.1	61	2.34	7.71	0.3	0.2	0.2	13.2
A1B3	18.6	81.4	36.6	4.1	6.4	60	2.31	7.67	0.29	0.25	0.2	13
A1B4	23.1	76.9	36.2	3.9	7.2	61	2.34	7.58	0.31	0.22	0.22	12.7
A2B1	22.2	77.8	30.8	3.4	10	63	2.39	7.94	0.36	0.24	0.23	12.2
A2B2	21.9	78.1	32	3.7	13.3	61	2.33	7.48	0.33	0.28	0.22	11.5
A2B3	19	81	35.2	5.5	5.2	54	2.06	10.5	0.3	0.47	0.28	13.2
A2B4	25.6	74.4	24.5	2.3	26	72	2.74	5.21	0.28	0.28	0.22	10.8
A3B1	23.2	76.8	29.8	3.1	15.2	64	2.57	5.05	0.31	0.25	0.17	10.9
A3B2	22.2	77.8	31.3	3.2	14.7	65	2.5	5.77	0.33	0.27	0.21	11.2
A3B3	22.8	77.2	31.8	4.5	13.4	62	2.34	7.27	0.28	0.27	0.18	12
A3B4	21.8	78.2	30.8	3.1	16.1	64	2.46	6.79	0.32	0.26	0.19	11.2

Continuará...

...Continuación

A4B1	24.5	75.5	29.8	3.3	17.6	66	2.5	5.84	0.3	0.29	0.18	10.8
A4B2	21.5	78.5	35.2	4.1	9	58	2.2	9.79	0.23	0.36	0.21	12.2
A4B3	21.3	78.7	33	4.1	9.2	62	2.34	6.78	0.34	0.34	0.23	11.6
A4B4	21	79	28.7	3.6	17	66	2.55	6.13	0.33	0.3	0.23	12.5
A5B1	20.63	79.37	NA	NA	NA	NA	NA	6.13	NA	NA	NA	NA
A5B2	24.8	75.2	27.5	3.1	22.5	68	2.62	5.73	0.29	0.24	0.21	11.9
A5B3	21.9	78.1	33.7	3.7	8.1	61	2.32	7.19	0.34	0.28	0.23	11.5
A5B4	24.7	75.3	26.1	2.9	17.8	68	2.61	6.2	0.38	0.28	0.19	12.6

Fuente: La autora.

Tabla 71.*Parámetros de calidad esperados en un buen ensilaje de maíz*

Parámetro	Nivel esperado en el ensilaje
% Materia seca	33-35%
% FDN	35-40%
EM (Mcal/kg)	2.80-3.20
Digestibilidad de FDN	70-75%
Contenido de Almidón	35-40%

Fuente: Demanet y Canales, 2019.

4.8. Análisis Económico

Las tablas 72 y 73 muestran de manera conjunta la viabilidad técnica y económica del sistema de producción evaluado. En la tabla 72 se detalla que el costo total de producción por hectárea asciende a B/. 1,757.89, donde los mayores gastos se concentran en fertilización (urea y fertilizante completo), semilla híbrida y análisis bromatológico. Esto indica que el manejo del cultivo es intensivo y orientado a maximizar rendimiento y calidad. Al relacionar estos costos con los resultados de la tabla 73, se observa que todos los tratamientos superan ampliamente la inversión realizada. El tratamiento A4B2 presenta el mayor rendimiento (72,292 kg/ha), el mayor valor de producción (B/. 17,350) y el mayor ingreso neto (B/. 15,592.11), alcanzando una relación beneficio/costo de 9.87, lo que demuestra una alta rentabilidad. Los tratamientos A3B4 y A3B2, aunque con rendimientos ligeramente menores, también muestran resultados económicos muy favorables.

Tabla 72.*Costos de producción*

Concepto	Unidad de medida	Coefficiente técnico	Precio unitario	Valor total Bl.
Insumos				
Semilla híbrida	Bolsas 45.45kgs	1	205.00	205.00
Bolsa de silo	Unidad	1	50.29	50.29
Fertilizante completo	Litro	5	44.00	220
Urea	Bolsa 45.45kgs	8	70.00	560
Atrazina	litro	4	6.25.00	25.00
Thiodicard	litro	0.35	36.00	12.60
Mano de obra				
Limpieza del terreno	Jornal	5	20.00	100
Aplicación herbicida	Jornal	1	20.00	20.00
Herbicida preemergente	Jornal	1	20.00	20.00
Aplicación fertilizante nitrogenado	Jornal	2	20.00	40.00
Equipo				
Maquinaria picadora y gasolina	Q	80.00	1	80.00
Otros gastos				
Análisis bromatología				400.00
Kit		45.00	1	45.00
Total, de costo de producción				1,757.89

Fuente: La autora.

Tabla 73*Análisis económico*

Tr.	Rendimiento esperado (kg/ha)	Costo total (\$/ha)	Valor de producción (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)	Ganancia por quinta I (\$/q)	Relación B/C	Rentabilidad (%)
A4B2	72,292	1,757.8 9	17,350	15,592. 11	21.6	9.87	887
A3B4	69,292	1,757.8 9	16,630	14,872. 11	21.5	9.46	846
A3B2	65,625	1,757.8 9	15,750	13,992. 11	21.3	8.96	796

Fuente: La autora.

5. CONCLUSIONES

- ✓ El Diámetro del tallo, los tratamientos mostraron diferencias significativas, a los 40 DDG, los tratamientos T8 (172.38), T12 (165.92), T16 (151.54) y T20 (154.50) presentaron los rangos promedio más altos, mostrando diferencias significativas entre tratamientos. A los 60 DDG, los tratamientos T4 (167.96), T2 (164.42) y T7 (154.96) destacaron, con diferencias significativas entre tratamientos (37.950) y entre repeticiones (42.794). Esto evidencia que el efecto de los tratamientos sobre el diámetro del tallo se hace más evidente a medida que avanza el desarrollo de la planta.

- ✓ El largo de hoja, a los 20 DDG, los rangos promedio más altos correspondieron a T13 (171.04) y T1 (159.92), mientras que T6 (75.54) y T19 (81.08) mostraron los más bajos. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre tratamientos (37.947) y entre repeticiones (Chi-cuadrado = 14.558). A los 40 DDG, los tratamientos T12 (150.75) y T19 (150.54) presentaron los valores más altos, y T9 (69.13) el más bajo, con diferencias significativas entre tratamientos (39.347). A los 60 DDG, los tratamientos T1 (166.38) y T2 (152.38) fueron los de mayor rango, mientras que T16 (73.25) y T17 (84.25) registraron los más bajos, mostrando diferencias significativas entre repeticiones (34.673) y tendencia a la significancia entre tratamientos (27.836).

- ✓ El ancho de hoja a los 20 DDG, los tratamientos T16 (163.67) y T7 (156.96) mostraron los mayores rangos promedio, mientras que T17 registró el menor (63.75), con diferencias significativas entre tratamientos (34.814) y repeticiones (54.564,). A los 40 DDG, los tratamientos T12 (150.75) y T19 (150.54) fueron los más altos, y T9 (69.13) el más bajo, con diferencias significativas tanto entre tratamientos (39.347) como entre repeticiones (6.447). A los 60 DDG, los tratamientos T1 (166.38) y T2 (152.38) presentaron los mayores valores de ancho, mientras que T16 (73.25) y T17 (84.25) los más bajos, mostrando diferencias significativas entre repeticiones (8.426,).

- ✓ La superficie foliar mostró tendencias similares al largo y ancho de hoja. Los tratamientos T4, T7, T12 y T16 promovieron las áreas foliares más grandes, mientras que T9 y T17 presentaron las menores. A medida que avanzó el tiempo (20, 40 y 60 DDG), la superficie foliar aumentó significativamente en los tratamientos más efectivos, indicando que estos tratamientos favorecen un mayor desarrollo vegetativo global.

- ✓ La altura de la planta, los tratamientos T4, T8, T12 y T16 mostraron los valores más altos de altura promedio, alcanzando hasta 148.25 cm, mientras que los tratamientos T1 y T9 tuvieron alturas promedio más bajas, cercanas a 86.50 cm. Las diferencias entre tratamientos y repeticiones fueron estadísticamente significativas, evidenciando que ciertos

tratamientos favorecieron de manera consistente un mayor crecimiento en altura.

- ✓ La biomasa total y el resultado de bromatología, los tratamientos con mayor desarrollo vegetativo (T4, T8, T12, T16, T20) presentaron también los mayores valores de biomasa total y materia seca, superando los tratamientos menos efectivos hasta en 3-4 veces en peso de biomasa fresca y seca. En cuanto a la composición bromatológica, los tratamientos no comprometieron la calidad nutricional; la proteína, carbohidratos y almidón se mantuvieron dentro de rangos adecuados, favoreciendo el valor nutritivo de la planta.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en futuras investigaciones se amplíe el periodo de evaluación del cultivo de maíz para silo, con el fin de determinar si los efectos de la fertilización con bioestimulantes se manifiestan de manera más evidente en etapas posteriores del desarrollo del cultivo o al momento de la cosecha.
- Asimismo, se sugiere incrementar el tamaño de la muestra y el número de repeticiones por tratamiento, ya que esto podría reducir la variabilidad de los datos y permitir detectar diferencias estadísticas más precisas en variables relacionadas con el rendimiento y la biomasa total.
- Se recomienda evaluar diferentes tipos y dosis de bioestimulantes, así como su combinación con otros esquemas de fertilización, para identificar posibles efectos sinérgicos que contribuyan a mejorar el rendimiento del maíz destinado a ensilaje.
- En relación con el distanciamiento de siembra, se sugiere continuar investigando su efecto bajo distintas condiciones agroclimáticas y tipos de suelo, considerando que estos factores pueden influir en la respuesta del cultivo y en la acumulación de biomasa.

- Se debe incluir variables adicionales relacionadas con la calidad del ensilaje, como contenido de materia seca, fibra y valor nutricional, con el propósito de obtener una evaluación integral del impacto de la fertilización y la densidad de siembra en la producción de maíz para silo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, R., Hwang, H., Mostafiz, M., Yu, Y., y Lee, K. (2020). Susceptibilidad de diversas etapas de desarrollo del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, a los nematodos entomopatógenos. *Journals Insects*, 11(12), 868. <https://doi.org/10.3390/INSECTS11120868>
- Amat, G. (2019). *Comportamiento agronómico de un híbrido promisorio de maíz forrajero (Zea mays L.), durante la época lluviosa en las zonas ganaderas del Ecuador (Trabajo experimental) (Ingeniería)* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5474/1/iniaptTA487g.pdf>.
- Anselmi, J., y Feresin, P., (2023). *Evaluación de distintas densidades en maíz con tres niveles de fertilización nitrogenada. INTA.* <https://n9.cl/ef2ryz>
- Armadans, A., Quintana, A., Ortiz, A. y Rojas, M. (2025). Producción de Maíz (*Zea Mays L*) por Aplicación de Bioestimulantes. *Revista Científica de la UCSA*, 12(2), pp. 15-21. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2025.012.02.015>
- Barreto, W. y Pinos, D. (2023). Evaluación del rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón joya de los sachas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplina*, 7(2), pp. 8928-8850. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6005
- Barrios, M. y Basso, C. (2018). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz. *Bioagro*, 30(1), pp. 39-48.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131633612018000100004&lng=es&tlng=es.

- Batista, V., Adami, P., Oligini, K., Link, L., Ferreira, M. Y Pereira, L. (2020). Rendimiento de biomasa para ensilaje y rendimiento de grano de maíz intercultivo con soja. *Revista Internacional de Maíz y Sorgo* , 19 , 14. <https://doi.org/10.18512/rbms2020v19e1112>
- Benítez, P. (2018). *Efectos de la aplicación de tres fuentes nitrogenadas y dos potásicas, sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos]. <https://short-url.org/1r1gT>
- Blanco, Y. y González, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Cultivos Tropicales*, 42(3). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/#B5>
- Bogusz, P., Rusek, P. y Brodowska, M. (2021). Fertilizantes en suspensión: cómo conciliar la fertilización sostenible con la protección del medio ambiente. *Agricultura*, 11(10), 1008. <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/12/868>
- Buxton, D., y Fales, S. (1994). *Ambiente y calidad de las plantas, en Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, ed. G. C. Fahey Jr. (Madison, WI: Sociedad Americana de Agronomía), 155–199. doi: 10.2134/1994.foragequality.c4
- Calvo, P., Nelson, L., y Kloepper, J. (2014). uso Agrícola de los bioestimulantes vegetales. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://acortar.link/H7u3LK>

- Carrión, J. (2018). *Evaluación de cultivos asociados de frijol castilla y maíz marginal 28t en el Valle de Huaura* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Huacho]. <https://short-url.org/1r1gX>
- Castelan, V. (2014). *La aplicación de bioestimulantes, clave para maximizar el rendimiento del cultivo del maíz*. https://vacapinta.com/media/files/fichero/vp031_castelan_lr-88-89.pdf
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), (2022). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Deras, H. De Serrano, R. (2022, April 29). Cultivo de maíz. Centa. Retrieved September 29, <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-maiz/>
- Centro Nacional de Información Biotecnológica. NCBI. (2023). *Taxonomía del maíz*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/?term=taxonomia%20del%20maiz>
- Certis. (6 de Abril de 2021). *¿Qué es un Bioestimulante? ¿Cómo puede mejorar la calidad de tu cosecha?*. <https://short-url.org/1r1h1>
- Ciampitti, I., y Vyn, T. (2014). Comprensión de la eficiencia global e histórica del uso de nutrientes para cerrar las brechas de rendimiento del maíz. *Agronomy Journal*, 106(6), 2107–2117. <https://acortar.link/7JBtaA>
- Ciampitti, I., Elmore, R. y Corn, J. (2016). *Crecimiento y desarrollo del maíz*. https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/corn-growth-and-development-poster-20x30_MF3305.pdf

- Conover, W. (1999) *Estadística no paramétrica práctica*. Tercera edición, John Wiley & Sons, Nueva York.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2919935>
- Demagnet, R.; y Canales, C. (2020). *Cultivo del maíz para ensilaje*.
<https://goo.su/x6oso>
- Demagnet, R. (2017). Ensilaje de maíz. Tiempo entre sellado y apertura. *Engormix*, 23 (3), pp 121-133. https://www.engormix.com/lecheria/silaje-maiz/ensilaje-maiz-tiempoentre_a41230/
- Di Marco, O. y Aello, M. (2006). *Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje*.
https://www.engormix.com/lecheria/forraje-fresco/calidad-nutritiva-planta-maiz_a26597/
- Du Jardin, P. (2015). Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, principales categorías y regulación. *Scientia Horticulturae* 19(6), pp. 3–14.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>
- Duque, C. (2013). *El cultivo de maíz (Zea Mays) y su ensilaje en el trópico bajo Colombiano (bs-t)*. [Tesis de grado, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid].
<https://repositorio.elpoli.edu.co/server/api/core/bitstreams/02ea1a50-c51e-4bea-bdc1-91a25de62ecb/content>
- Fassio, A., Ibañez, W., Fernández, E., Cozzolino, D., Pérez, O., Restaino, E., Pascal, A., Rabaza, C., Vergara, G. (2018). *El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua*. Uruguay: Instituto

Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP).

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8897/1/st-2392018.pdf>

Fuentes, M. (2022). *El Cultivo Del Maíz En Guatemala. Una guía para su manejo agronómico.*

<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>

García, D. (2019). *Evaluación de bioestimulantes y fertilizantes foliares en el desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays L.) en la zona de Ventanas* [Tesis de grado, Universidad Técnica De Babahoyo]. <https://short-url.org/1r1h8>

Gardner, F., Pearce, R., y Mitchell, R. (2003). *Fisiología de plantas de cultivo.* Prensa de la Universidad Estatal de Iowa.

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183185315>

Ghasemi, A., y Zahediasl S. (2012). Pruebas de normalidad para el análisis estadístico: una guía para no estadísticos. *Int J Endocrinol Metab*, 10 (2): 486-489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>.

Gómez, K., y Gómez, A. (1984). *Procedimientos estadísticos para la investigación agrícola (2.^a ed.).* John Wiley & Sons.

[https://www.academia.edu/2456341/statistical_Procedures_for_Agricultura I_Research](https://www.academia.edu/2456341/statistical_Procedures_for_Agricultura_I_Research)

González, G. (2003). *Pennisetum purpureum Cultivar C-22 o Elefante liso.* Proyecto de mejoramiento de la productividad del ganado en la República de Panamá (PROMEGA). Plegable impresa. <https://short-url.org/1r1hg>

Gordón, R. (2021). *El maíz en Panamá: características, requerimientos y Recomendaciones para su producción en ambientes con alta Variabilidad climática.*

https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/manual_tecnico_el_maiz_en_panama.pdf

Guerra, P., Lara, C., y Saucedo, R. (2014). *Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en chihuahua.*

<https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0012MaizForrajero.pdf>

Guzmán, L. (2020). *Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de un híbrido y una variedad de maíz (Zea mays) en Santa Clara de San Carlos, Alajuela Costa Rica* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://short-url.org/1r1ho>

Herrera, D., y Guerrero B. (2009). *Uso del ensilaje de maíz y de la caña de azúcar en la alimentación del ganado durante la época seca. Guía Técnica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.*
<http://www.idiap.gob.pa/download/uso-delensilaje-de-maiz-y-cana-de-azucar-para-la-alimentacion-del-ganado/?wpdmdl=1719>

Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria. (2012). *Fenología del maíz.*
<http://riap.inta.gov.ar>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), (2020). *Mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en la Región de Azuero.*

https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/PROPUESTA_PROYECTO_DE_LECHE.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), (2023). *Encuesta pecuaria de ganado Vacuno, porcino y gallinas: Año 2023*. [https://www.inec.gob.pa/archivos/P05795186202405300943546.%20Explicaciones %20y%20Definiciones.doc.pdf](https://www.inec.gob.pa/archivos/P05795186202405300943546.%20Explicaciones%20y%20Definiciones.doc.pdf)

Izquierdo, R. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovino de leche en épocas de escasez de alimento*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1832>

Lee, C., Fletcher, T. y Sun, G. (2009). Eliminación de nitrógeno en sistemas de humedales artificiales. *Ingeniería en ciencias de la vida*, 9(1), 11-22.

Lemaire, G., Jeuffroy, M. y Gastal, F. (2008). Herramienta de diagnóstico del estado de nitrógeno de plantas y cultivos en fase vegetativa. *Revista Europea de Agronomía*, 28(4), 614–624. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030108000130>

Linares, O. (2021). *Caracterización Fenotípica De Maíces Nativos De Sinaloa*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa]. <https://short-url.org/1IRsR>

Marschner, P. (2012). *Nutrición mineral de plantas superiores según Marschner* (3.^a ed.). Prensa académica. <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>

- Martínez, A., Zamudio, B., Tadeo, M., Espinosa, A., Cardoso, J., y Vázquez, M. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), pp. 289-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), (2024). *Cierre agrícola año agrícola 2023-2024*. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2024/09/CierreAgricola20232024.pdf?csrt=17833340290148340965>
- Molina, C., (2016). *Evaluación del potencial forrajero de ocho genotipos de maíz (Zea mays L.) bajo dos densidades de siembra en la estación Experimental Tropical Pichilingue. Pichilingue*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4759>
- Montemayor, J, Olague, J., Fortis, M., Sam, R., Leos, J., Salazar, E., Castruita, J., Rodríguez, J. y Chavaría, J. (2007). Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial Terra Latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.*, 25(2), pp. 163-168. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57325208.pdf>
- Morales, G., Ostaiza, G., Beltrán, D. y Macías, J. (2024). Efecto de tres niveles de bioestimulante radicular para mejorar la productividad en tres híbridos de maíz (*Zea Mays*), Urdaneta-Los Ríos. *Pol. Con.*, 9(1), pp. 2212-2247. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6489/16276>

- Morand, V. y Balbi, N. (2020). Maíz para silo de planta entera: efecto de genotipo y altura de corte en la producción y calidad para alimentación animal. *Información tecnológica*, 31(3), 231-240. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000300231>
- Moya, C. (2016). *Estudio agronómico de tres híbridos con tres distanciamientos de siembra en el cultivo de maíz Zea mays L.* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/7180bebf-92a2-4945-98db-4c7bb34900f3>
- Oliveira, A. Pérez, L. y Gómez, L (2020). Leaf development and forage yield dynamics in silage crops. *Grass and Forage Science*, 75(3), 321–331.
- Ortega, K. (2018). *Análisis económico de la producción Agropecuaria del centro de apoyo Río Verde, periodos 2010-2012.* [Tesis de Maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://goo.su/3Pq1Ma>
- Ortigoza, J., López, C. y González, J. (2019). *Cultivo de maíz.* https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Pedroza, A., Xolocotzi A., Trejo, R., García de los Santos, G., Álvarez, P. y Arreola, J. (2024). Índice de área foliar e indicadores de productividad forrajera de *Lotus corniculatus L.* en diferentes contenidos de humedad del suelo y estaciones del año. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 15(1), 17-31. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6472>
- Pérez, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P. y Craine, J. (2013). Nuevo manual para la medición estandarizada de caracteres

- funcionales de plantas. *Australian Journal of Botany*, 61, 167-234
<http://dx.doi.org/10.1071/BT12225>
- Pomares, F. (2013). *La fertilización y la fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación*. <https://goo.su/5p1Yj2>
- Poorter, K., Niklas, P., Reich, J. y Pieter, Liesje, M. (2012). Asignación de biomasa a hojas, tallos y raíces: metaanálisis de variación interespecífica y control ambiental. *New Phytologist*, 193(1), 30–50.
<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Quarrie, A., y Jones, H. (2010). Variación genotípica del área foliar y su importancia fisiológica. *Journal of Experimental Botany*, 61(12), 3317–3329.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S0098847223003076>
- Ramírez, A. 2015. *Efecto de tres dosis de Bioestimulante en el rendimiento de Maíz Amarillo Duro (Zea mays L. hibr, 2B688) en Pacasmayo, La Libertad*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo].
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1428722>
- Ramos, L., Ortiz, J. y Ruiz, H. (2021). Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación. *Suelos ecuatoriales*, 51 (1 y 2), 37-44. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8234908.pdf>
- Romero, L. y Aronna, S. (2004). *Siembra de maíz para silaje*. <https://short-url.org/1IRsZ>

- Sangoi, L. (2001). Comprender los efectos de la densidad de plantas en el crecimiento y desarrollo del maíz: una cuestión importante maximiza el rendimiento del grano. *Ciencia Rural*, 31(1), 159-168. <https://n9.cl/pvso7>
- Siegel, S., y Castellan, N. (1988). *Estadística no paramétrica para las ciencias del comportamiento* (2.^a ed.). McGraw-Hill. <https://short-url.org/1r1hJ>
- Steel, R., Torrie, J., y Dickey, D. (1997). *Principios y procedimientos de estadística: Un enfoque biométrico* (3.^a ed.). McGraw-Hill. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.5555/19611601129>
- Soe, M., Hai, J., Bo, P., Gong, X., Liu, C., Dang, K., Tian, L., Soomro, R., Aung, K., y Feng, B. (2021). Evaluation of Nutritive Values through Comparison of Forage Yield and Silage Quality of Mono-Cropped and Intercropped Maize-Soybean Harvested at Two Maturity Stages. *Agriculture*, 11, 452. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050452>
- Soto, A. (2025). *Rendimiento Y Calidad Nutritiva De Cuatro Cultivares De Maíz (Zea Mays) Destinados A Ensilaje Como Alimentación Animal* [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. https://up-rid.up.ac.pa/91111/1/anayansi_soto.pdf
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. y Murphy, A. (2015). *Fisiología y desarrollo vegetal* (6.^a ed.). Asociados Sinauer. https://sirsyedcollege.ac.in/crm/public/uploads/download_image/H8aTDrHeKuTogISO7SE1r80gjP2dmU.pdf
- Tang, Y., Nian, L., Zhao, X., Li, J., Wang, Z. y Dong, L. (2025). Bio-Organic Fertilizer Application Enhances Silage Maize Yield by Regulating Soil

Physicochemical and Microbial Properties. *Microorganisms*. 2025 Apr 23;13(5):959. doi: 10.3390/microorganisms13050959. PMID: 40431133; PMCID: PMC12114197.

TECNOBELL. (17 de febrero de 2021). ¿Cuál es la diferencia entre un bioestimulante y un fertilizante? Obtenido de TECNOBELL: <https://www.tecnobell.eu/cual-es-la-diferencia-entre-un-bioestimulante-y-un-fertilizante>

Torres, B. (2023). *Fenología, Adaptabilidad Y Rentabilidad Del Maíz Blanco Urubamba (Zea Mays L.), Con Densidades De Siembra Y Niveles De Fertilización En Chachapoyas – Amazonas* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional]. <https://files.core.ac.uk/download/pdf/588139615.pdf>

Torres, J., Reyes, J., González, L., Jiménez, M., Boicet, T., Enríquez, E., Rodríguez, A., Ramírez, M. y González, J. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea Mays, L.*) A la aplicación de quitomax, azofert y ecomica. *Biotecnia*, 20(1), pp. 3-7. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971085001.pdf>

Turrent, F., Corté, F., Espinosa, C. Turrent, T. y Mejía, A. (2016). Cambio climático y algunas estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(7), pp.1727-1739. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000701727

- Valagro. L. (2015). Un proceso de investigación y desarrollo en constante crecimiento. <https://www.valagro.com/es/corporate/investigacion-y-desarrollo/>
- Van Soest, P. (2018). *Ecología nutricional del rumiante* (2.ª ed.). Cornell University Press. <https://goo.su/4F4uPb>
- Vázquez, M., Martínez, A., Zamudio, B., Espinosa, A., Tadeo, M., y Turrent, A. (2020). Estabilidad de rendimiento y características fisicoquímicas de grano de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), pp.1803-1814. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.1990>
- Vera, V., Avellán, B., Cedeño, G., Velázquez, S., López, G. y Zambrano, J. (2024). Efectividad de la fertilización líquida y bioestimulación en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para consumo en fresco. *Avances en ciencias e ingenierías*. 16(2), pp. 1-19. <https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3350>
- Wilcox, F. (2023). Evaluación de cuatro concentraciones de hierro (fe) en la solución nutritiva y efecto de la cobertura plástica en la producción y calidad del Forraje Verde Hidropónico (FVH). *Revista Colegiada de Ciencia*, 4(2), pp. 63-76. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/3724/3162>
- Wilcox, F. y Rivera, J. (2023). Evaluación de rendimiento en biomasa de Cuatro cultivares de maíz: caso de la cuenca Baja del río Purio, provincia de Los

- Santos, año 2021. *Tecnociencia*, 25(2), pp. 84-107.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/4066>
- Wilcox, F. y Urriola, J. (2024). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de biomasa de maíz. *Scientia*, 34(2), pp. 37–59.
<https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5331>
- Wilcox, F. y Rivera, J. (2024). Evaluación del rendimiento en grano de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) En época de lluvia. *Scientia*, 34(1), pp. 80–99. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4579>
- Zamudio, B., Reyes, A., Martínez, A., Cardoso, G., Espinosa, A. y Robledo, M. (2018). Producción de híbridos de maíz con urea estabilizada y nutrición foliar. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(6), pp. 1231-1244.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.407>
- Yáñez, C; Zambrano, J; Caicedo, M. (2013). *Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. Quito, Ecuador. INIAP, Programa de Maíz, 28p, (Guía No 96). <https://dicta.gob.hn/files/2010,-Guia-tecnica-para-el-cultivo-del-maiz,-F.pdf>

ANEXOS

Anexo 1.

Primera etapa del cultivo



Fuente: La autora.

Anexo 2.

Avance de la primera etapa del cultivo



Fuente: La autora.

Anexo 3.

Presencia del Spodoptera frugiperda



Fuente: La autora.

Anexo 4.

Afectación por Spodoptera frugiperda



Fuente: La autora.

Anexo 5.

Identificación con rótulos por repetición



Fuente: La autora.

Anexo 6.

Identificación con rótulos por tratamiento



Fuente: La autora.

Anexo 7.

Última etapa de cultivo



Fuente: La autora.

Anexo 8.

Últimas evaluaciones del cultivo



Fuente: La autora.

Anexo 9.

Determinación del punto adecuado para el ensilaje internamente



Fuente: La autora.

Anexo 10.

Corte de planta de maíz



Fuente: La autora.

Anexo 11.

Proceso de picado



Fuente: La autora.

Anexo 12.

Ensilaje



Fuente: La autora.

Anexo 13.

Biofertilizante utilizado



Fuente: La autora.

Anexo 14.

Bioestimulante utilizado



Fuente: La autora.